

令和 7 年度豊かな漁場環境推進事業のうち
海域特性に応じた赤潮・貧酸素水塊、栄養塩類対策推進事業

(1) 赤潮等による漁業被害への対策技術の
開発・実証・高度化
報告書

令和 8 年 3 月

目次

1. 研究開発の概要

(1) 目的.....	1
(2) 研究開発課題と実施体制.....	1
(3) 研究開発の内容.....	3

2. 研究開発結果

1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視及び予察技術開発並びに赤潮の発生段階に応じた一連の対策（行動計画）の検討・策定

ア. 瀬戸内海東部海域.....	7
イ. 瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域.....	57
ウ. 伊勢湾・三河湾・英虞湾海域.....	104
エ. 日本海西部海域.....	134
オ. 九州北部海域.....	152
カ. 有明海・八代海海域	
① 有明海海域	172
② 八代海海域	200

2) 赤潮の被害軽減手法の開発

ア. 魚毒性診断技術の開発.....	239
イ. 生け簀の魚介類を守る技術の開発・実証	
① ウイルス等微生物による赤潮防除法の確立と現場実証	259
② 生け簀の魚の救命・延命技術の高度化技術開発と実証	268

3) 有害赤潮プランクトンのモニタリング技術の開発・実証及び普及並びにデータ利活用の促進

ア. 有害赤潮プランクトンの画像情報に基づくモニタリング技術の開発.....	281
イ. 赤潮等関連情報の提供及び利活用の促進.....	290
ウ. モニタリング技術の普及.....	299

1. 研究開発の概要

(1) 目的

かつて瀬戸内海では富栄養化による赤潮の頻発と漁業被害が社会的な問題となった。近年、富栄養化は改善され、年間の赤潮発生件数もかつての 1/3 程度まで減少してきている。しかしながら、富栄養海域での代表的な赤潮原因種であったシャットネラから低栄養環境でも発生するカレニアへと主役が交代しつつ、漁業被害を伴う赤潮の発生は続いている。その状況は瀬戸内海だけでなく、九州海域およびその周辺海域でも同様で、養殖・天然魚介類に甚大な被害が頻発している。特に、平成 24 年に瀬戸内海西部・豊後水道海域で広域発生したカレニア赤潮によって、マダイ、ハマチ、カンパチ等の養殖魚やアワビ・サザエ等の天然磯根資源で約 13 億円、平成 29 年に伊万里湾で発生したカレニア赤潮によって養殖トラフグを中心に約 6 億円、令和 4 年には八代海でカレニア赤潮により 19 億円もの漁業被害が報告されており、赤潮の発生は各地域の水産業の脅威となっている。シャットネラ赤潮も消滅したわけではなく、養殖が盛んな入り組んだ湾で毎年のように高密度に発生している海域があり、シャットネラ赤潮の脅威の種は残っている。また、有明海や瀬戸内海東部海域などでは、冬季の珪藻赤潮によって養殖ノリの色落ちが発生し、商品価値低下による経済的損失も問題となっている。これらの有害赤潮は、我が国の水産業、とりわけ養殖漁業の振興と今後の発展に向けての大きな阻害要因となっており、漁業被害の防止対策および軽減技術の開発が強く求められている。さらに、有明海や橘湾などでは貧酸素水塊の発生も漁業被害の大きな要因となっている。その被害軽減には発生の早期把握と予察技術開発・高度化が求められている。そこで、本課題では、瀬戸内海・九州海域およびその周辺海域等を主要なフィールドとして、広域共同モニタリングによる監視体制強化、モニタリング技術や予察技術、防除技術等の研究開発を行うことにより、有害赤潮および貧酸素水塊発生による漁業被害の軽減、および健全な海洋生態系の保全に資することを目的とした。

(2) 研究開発課題と実施体制

本課題は、国立研究開発法人水産研究・教育機構（水産機構水産技術研究所、水産資源研究所、水産大学校）、国立大学法人大阪大学、国立大学法人愛媛大学、国立大学法人埼玉大学、国立大学法人九州大学、国立大学法人高知大学、国立大学法人熊本大学、公立大学法人福井県立大学、公立大学法人熊本県立大学、学校法人北里研究所、新潟県、徳島県、兵庫県立農林水産技術総合センター、岡山県農林水産総合センター、香川県水産試験場、地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所、福岡県、山口県、大分県農林水産研究指導センター、愛媛県農林水産研究所、広島県立総合技術研究所、高知県、三重県、愛知県、鳥取県、島根県、佐賀県、長崎県総合水産試験場、熊本県、鹿児島県水産技術開発センター、熊本県天草市水産研究センター、東町漁業協同組合、熊本県海水養殖漁業協同組合、海洋エンジニアリング株式会社、株式会社アイコックの計 35 機関で実施した。

表 1 に研究開発の実施体制を示す。

表1. 研究開発の実施体制

研究総統括・課題進行管理：水産研究・教育機構（代表機関）		
1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視及び予察技術開発並びに赤潮の発生段階に応じた一連の対策（行動計画）の検討・策定		
ア. 瀬戸内海東部海域		徳島県立農林水産総合技術支援センター 兵庫県立農林水産技術総合センター 岡山県農林水産総合センター 香川県赤潮研究所 大阪府立環境農林水産総合研究所 大阪大学 水産研究・教育機構
イ. 瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域		水産研究・教育機構 愛媛大学 福岡県水産海洋技術センター 山口県水産研究センター 大分県農林水産研究指導センター 愛媛県農林水産研究所 広島県立総合技術研究所 高知県水産試験場
ウ. 伊勢湾・三河湾・英虞湾海域		水産研究・教育機構 三重県水産研究所 愛知県水産試験場 福井県立大学
エ. 日本海西部海域		水産研究・教育機構 兵庫県立農林水産技術総合センター 鳥取県栽培漁業センター 島根県水産技術センター 山口県水産研究センター
オ. 九州北部海域		水産研究・教育機構 九州大学 長崎県総合水産試験場 佐賀県玄海水産振興センター
カ. 有明海・八代海海域		
①有明海海域		水産研究・教育機構 福岡県水産海洋技術センター 佐賀県有明水産振興センター 熊本県水産研究センター 長崎県総合水産試験場
②八代海海域		水産研究・教育機構 熊本県立大学 熊本県水産研究センター 鹿児島県水産技術開発センター 熊本県海水養殖漁業協同組合 熊本県天草市水産研究センター 東町漁業協同組合 九州大学
2) 赤潮の被害軽減手法の開発		
ア. 魚毒性診断技術の開発		水産研究・教育機構 埼玉大学 北里大学 大分県農林水産研究指導センター 鹿児島県水産技術開発センター
イ. 生け簀の魚介類を守る技術の開発・実証		
①ウイルス等微生物による赤潮防除法の確立と現場実証		水産研究・教育機構 福井県立大学 三重県水産研究所 愛知県水産試験場 新潟県水産海洋研究所
②生簀の魚の救命・延命技術の高度化技術開発と実証		水産研究・教育機構 大分県農林水産研究指導センター 熊本県水産研究センター 海洋エンジニアリング
3) 有害赤潮プランクトンのモニタリング技術の開発・実証及び普及並びにデータ利 活用の促進		
ア. 有害赤潮プランクトンの画像情報に基づくモニタリング技術の開発		水産研究・教育機構 高知大学 熊本大学 高知県水産試験場
イ. 赤潮等関連情報の提供及び利活用の促進		水産研究・教育機構 アイコック
ウ. モニタリング技術の普及		水産研究・教育機構

(3) 研究開発の内容

瀬戸内海・九州海域およびその周辺海域において、広域共同モニタリングにより有害赤潮等に対する監視体制を強化するとともに、有害赤潮等の発生シナリオの構築や発生予察技術の開発・改良を進めた。また、モニタリングによる監視・情報発信を漁業被害軽減につなぐため、海域特性を考慮した、漁業被害軽減対策のための効果的な行動計画について現状を把握し、改善点について検討・検証した。モニタリング技術については魚毒性等を指標にした手法など新たな技術開発を進めることによりモニタリングの効率化、および生簀の魚介類を守るための赤潮防除技術や漁業被害軽減技術の開発と現場実証を行った。赤潮等関連情報については、細胞形態等画像情報から自動的に種同定や細胞生理状態の推定を簡易判定するための技術開発を検討するとともに、赤潮ネット等を用いた迅速な情報提供やデータ利活用のさらなる促進のための体制を整えた。さらに、モニタリング担当者への有害プランクトン同定研修会等を開催して正確なプランクトン種同定や新たに開発されたモニタリング技術の普及にも取り組んだ。

本事業は、以下に示す研究課題構成で実施した。

1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視及び予察技術開発並びに赤潮の発生段階に応じた一連の対策（行動計画）の検討・策定

瀬戸内海・九州海域およびその周辺海域において、各機関が連携して広範な調査を実施し、有害鞭毛藻やノリ色落ち原因珪藻などの有害赤潮プランクトンの発生状況および海洋環境を監視する。また、赤潮発生シナリオの改善・検証ならびに有害赤潮発生予察技術開発・改良を進める。さらに、モニタリング等で得られた情報を漁業被害軽減対策へ効果的に連携させるため、赤潮の発生段階や海域特性に応じた被害軽減のための行動計画について検討する。海域毎の調査研究内容は以下の通りとする。

ア. 瀬戸内海東部海域

大阪湾、播磨灘および備讃瀬戸を主海域とする瀬戸内海東部海域を対象として、夏季（6～8月）に24点程度の観測定点において7回以上、冬季（10～2月）に40点程度の観測定点において4回以上の調査を行い、水温・塩分等の海況、プランクトン細胞数、クロロフィルおよび栄養塩等のモニタリングを実施する。また、近年有害赤潮の発生が頻発する片上湾を対象として、有害赤潮種の出現特性や湾外への流出機構を明らかにする。さらに、各機関が有する有害赤潮発生シナリオと発生予察技術について、取得データ解析等による検証を重ね、当該技術の精度向上を図り、予察対象種の拡大等についても検討する。また、漁業被害軽減のための行動計画策定に向けた知見の収集を行う。

イ. 瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域

周防灘と広島湾を主海域とする瀬戸内海西部海域および豊後水道・土佐湾を対象として、夏季（5～9月）に58点程度の観測定点において4回以上の調査を行い、水温・塩分等の海況、プランクトン細胞数、クロロフィルおよび栄養塩等のモニタリングを実施する。顕微鏡でのカレニア・ミキモトイの確認が困難な時期（1～6月）には8点程度の観測定点において4回以上の調査を行い、分子生物学的手法も含めた有害赤潮プランクトンの高感度監視を実施する。また、5～8月に宇和島湾における高頻度観測（週1回）を実施するとともに、カレニア・ミキモトイ赤潮の動態の理解や予測に向けたデータ解析および統計モデル等の開発を行う。得られたデータをもとに有害赤潮発生シナリオ構築と有害赤潮発生予察技術開発を行う。さらに赤潮が発生した際の一連の対策方法（行動計画）について各県の現状把握ならびに各種漁業被害軽減対策技術に関する情報を収集することで、関係海域の漁業被害軽減に資する。

ウ. 伊勢湾・三河湾・英虞湾海域

伊勢湾、三河湾、英虞湾等を主な対象として、周年（契約月～翌3月）に計26点程度の観測定点において月1回以上の調査を行い、水温・塩分等の海況、プランクトン細胞数、クロロフィルおよび栄養塩等のモニタリングを実施する。また、ノリ色落ち原因珪藻の出現諸特性の解明を目的として、同海域において冬季（10月～翌3月）に計29点程度の観測定点において月1回以上の調査を行い、周年調査と同様な観測項目について海洋モニタリングを実施する。取得データの解析や既存データ等に基づいて、当該海域における有害赤潮種およびノリ色落ち原因珪藻の発生と気象条件・海洋環境との関係を解析し、有害赤潮およびノリ色落ち被害の発生シナリオを構築・検証することで、漁業被害軽減に資する。

エ. 日本海西部海域

日本海南西部を主な対象水域として、夏季（7～9月）を中心に15点程度の観測定点において8回程度の調査を行い、水温、塩分、透明度、水色等の海況およびプランクトン細胞数等のモニタリングを実施する。細胞がごく低密度に存在する場合や混雑物が多い場合でも、迅速かつ正確な種判別を行うために *Cochlodinium polykrikoides* および *Karenia mikimotoi* については一部の試料で分子生物学的手法を導入し、日本海西部海域における有害プランクトンの広域化の実態把握を行う。また、衛星データや数値モデル等を用いた解析を組み合わせることによって、当該海域における有害赤潮発生シナリオおよび赤潮発生予察の検証を図るとともに、漁業被害軽減のための行動計画策定に向けた知見の収集を行う。

オ. 九州北部海域

伊万里湾を主な対象海域として、夏季（6～8月）を中心に14点程度の観測定点において原則週1回の調査を行い、水温・塩分等の海況、プランクトン細胞数、クロロフィルおよび栄養塩等のモニタリングを実施する。また、養殖漁場の1点で観測機器による水質連続観測も実施する。取得されたデータの解析および数値シミュレーション手法を使用することにより有害赤潮発生シナリオと有害赤潮発生予察技術の検証を行い高精度化することで、漁業被害の軽減に資する。

カ. 有明海・八代海海域

①有明海海域

有明海および近接海域を対象海域として、夏季の赤潮・貧酸素では、有明海において7～9月に16点程度の観測点で月2～4回、湾口部に近接する橘湾において6～9月に20点程度の観測点で月2回程度の調査を行い、水温・塩分等の海況、溶存酸素濃度、プランクトン細胞数、クロロフィルおよび栄養塩等のモニタリングを実施する。冬季のノリ色落ち原因珪藻では、有明海において10月～翌年2月に20点程度の観測点で月2回程度の調査を行い、水温・塩分等の海況、プランクトン細胞数、クロロフィルおよび栄養塩等のモニタリングを実施する。また、有明海奥部の3定点において7月～翌年2月に自動観測ブイおよび表層に設置する観測機器で海洋環境の連続観測を行う。取得データの解析等により、夏季の有明海における貧酸素水塊について形成機構の検証や短期・長期の発生予察技術の検証と高度化、赤潮と貧酸素水塊との関係解明、橘湾においては有害プランクトンの消長や貧酸素水塊の形成特性の解析を行う。冬季の有明海における赤潮については、赤潮の発生・非発生と気象条件・海洋環境との関連を解析し、赤潮の発生機構と発生予察手法の検証を進めるとともに、近年発生頻度の高い秋季の赤潮の発生要因および予察手法を検討することで、漁業被害の軽減に資する。

② 八代海海域

八代海では赤潮被害を低減するため、1. 発生予察手法の開発、2. 現状把握、3. 拡大予察手法の開発、4. 行動計画、という段階に分けて赤潮対策に取り組む。これらは時系列になっており、まず今年の赤潮発生の見通しを立て、次に赤潮発生状況を把握し、そして発生した赤潮がどのように広

がるかを予測し、最後に漁場に近づくと分かったときに有効な防除策を実施する、ということを基本軸に据えた対処である。本課題では、各段階に関する技術開発を目的としている。

発生予察手法の開発では、判別分析による予察と、他の統計的分類手法の適用を実施する。前者では、過年度まで開発を続けてきた予察手法を継続して運用する。後者では、昨年度に見出した予察に有効と考えられる変数と手法を用いた予察を試行する。

現状把握では、高頻度赤潮モニタリング、水質連続観測、赤潮観測の機械化を実施する。高頻度赤潮モニタリングでは 8 定点の多層で採水・検鏡・分析を 5～9 月に週 1 回の頻度で行う。水質連続観測では、過年度までに開発された広域監視システムを運用・活用し、水質状況を把握する。赤潮観測の機械化では、赤潮カメラ、HAI センサー、ドローン、seaMS の現場導入に向けた検証および技術開発を行う。

拡大予察手法の開発では、赤潮の輸送過程の解明と、赤潮発生時の栄養塩動態の解明に取り組む。前者では、赤潮の移送を把握するため、流動モデルおよび粒子追跡モデルを開発する。今年度は、赤潮の輸送に大きく関与すると考えられる風向風速を解析し、赤潮の移動方向の推定を試みる。後者では、混合モデルを用いて、主要な栄養塩の供給源とその貢献の度合いを推定する。将来的には、両者の技術と知識を融合して物質循環モデルの開発を目指す。

行動計画では、昨年度に整理した赤潮発生状況と対策について、改善・更新を繰り返し、より良い対策を見出していく。昨年度に立案された改善点は、東町漁協では深い生簀での養殖、海水養殖漁協では赤潮防除剤の常時設置と赤潮の輸送過程を考慮した生簀避難であった。今年度はこれらを含めた対策を実施する。

2) 赤潮の被害軽減手法の開発

餌止めなどの「苦肉の策」を最小限に留めて被害を軽減するために、現場において有害赤潮プランクトンの魚毒性を定量する技術を開発する。また、有害赤潮が発生した際に生簀の魚介類を守り漁業被害を軽減するための防除・被害軽減技術の開発・現場実証を行う。調査研究内容は以下の通りとする。

ア. 魚毒性診断技術の開発

現場において有害赤潮プランクトンの魚毒性の判定基準を設定するために、生化学的・分析化学的指標を用いた魚毒性診断技術を新たに開発し、マニュアルを作成すると共に、既存技術の改良および現場普及を行う。餌止めなどの対策を適切なタイミングで講じるとともに最小化させることで被害軽減を目指す。

イ. 生け簀の魚介類を守る技術の開発・実証

①ウイルス等微生物による赤潮防除法の確立と現場実証

ヘテロカプサ・サーキュラリスカーマに対するウイルス等微生物を利用した防除法を、他の有害プランクトンに応用するため、検討試験を行う。本法は、赤潮が発生した海域からウイルスを含む底泥を採取し、それを同じ海域で翌年以降の赤潮発生時に散布するという土着の生物を利用した赤潮防除法について、技術課題や改善点を精査し、手法についてマニュアルにまとめ、普及に努める。

②過飽和救命策併用によるブリ類の救命

シャットネラ属、カレニア属、及びコクロディニウム属による魚類の死亡が鰓の呼吸機能障害に起因すること、この影響緩和のために、酸素の過飽和が有効であるとの既存試験結果がこれまでの研究から示された。そこで、本課題では赤潮プランクトンが致死密度で存在していても、溶存酸素を高度に上昇させる手法を駆使して、赤潮が発生しても養殖魚の被害を軽減して、安心して出荷できる手法開発を模索することで、漁業被害防止策の基礎を確立する。

3) 有害赤潮プランクトンのモニタリング技術の開発・実証及び普及並びにデータ利活用の促進

我が国沿岸域に出現する有害赤潮プランクトンのモニタリングや種同定等を支援する技術の開発に取り組むとともに、研修会を開催して都道府県担当者のモニタリングやプランクトン種同定の技術の普及・向上を図る。また、モニタリングデータの一元管理・迅速な公表により漁業被害軽減対策への利活用を促進する。

ア. 有害赤潮プランクトンの画像情報に基づくモニタリング技術の開発

現場海域ならびに室内培養で得られる有害赤潮プランクトンの細胞形態等画像情報に基づき、自動的な種判別・計数ならびに細胞生理状態や赤潮の挙動予測推定を簡易判定する技術開発を目指す。

イ. 赤潮等関連情報の提供及び利活用の促進

これまで開発した「赤潮分布情報」および「貧酸素・水質情報」を運用し、改良することで、最新の水温・塩分、溶存酸素濃度、有害赤潮プランクトンの細胞密度等の観測データを多数の提供者より収集・データベース化し、一般向けに分かりやすく迅速に提供する。これらのデータの利活用を促進することで、有害赤潮発生時や貧酸素水塊形成時に速やかな対策の実施に繋げ、漁業被害軽減に資する。

ウ. モニタリング技術の普及（事業検討会の開催を含む）

都道府県の職員等を対象に、有害プランクトン同定研修会（以下、同定研修会）を開催し、技術の普及を行う。同定研修会では、有害プランクトンの発生動向、生理・生態、形態分類等に関する講義、および形態観察を中心としたプランクトン種同定技術や遺伝子検査法を用いたプランクトン種同定技術の習得のため実習を行う。また、新たなモニタリング技術の普及に向け、必要に応じて研修会のプログラムを見直すとともに、デジタル技術を活用して現場担当者が技術を習熟するための教材開発についても検討する。

本事業で実施する調査・研究開発の課題間の連携と進行管理を行うため、瀬戸内海・九州海域およびその周辺海域の海洋環境分野（赤潮・貧酸素水塊）に精通した2名以上の有識者を検討委員とした事業計画および結果検討会を開催する。

2. 研究開発結果

本事業の各課題で得られた研究開発結果を次頁以降にまとめた。

1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視及び予察技術開発並びに赤潮の発生段階に応じた一連の対策（行動計画）の検討・策定

ア. 瀬戸内海東部海域

兵庫県立農林水産技術総合センター 水産技術センター
鈴木雅巳，肥後翔太
大阪府立環境農林水産総合研究所 水産技術センター
秋山 諭，辻村裕紀
岡山県農林水産総合センター 水産研究所
高木秀蔵，角田成美，上仲慶和，古村振一
香川県赤潮研究所
吉田 誠，松下悠介
徳島県立農林水産総合技術支援センター 水産研究課
井口悠稀，酒井基介，吉田和貴
大阪大学 大学院工学研究科
中谷祐介
水産研究・教育機構 水産技術研究所
坂本節子

1 全体計画

(1) 目的

瀬戸内海東部海域では、近年でも有害赤潮プランクトンによる漁業被害が生じている。赤潮の小規模化・早期化など、過去の発生状況とは様相が変化しており、海域特性に応じた対策が求められる。一方で、県域を跨いで広域移動する赤潮も確認されており、赤潮による漁業被害を未然防止および軽減するためには、赤潮発生海域を網羅した広域的な調査を実施し、積極的に情報共有を行う必要がある。本課題では、瀬戸内海東部海域において、各機関が連携して広範な調査を実施し、有害赤潮プランクトンの発生状況および海洋環境を監視するとともに、既存データも含めたデータ解析によって当該海域における有害赤潮の発生シナリオを検証し、赤潮発生予察技術の精度向上を図る。併せて、これらの予察技術や既存の科学的知見に基づいた行動計画を策定することで、赤潮による漁業被害軽減に資することを目的とする。

2 令和7年度計画および結果

(1) 目的

全体計画と同じ。

(2) 方法

有害赤潮が問題となる夏季および冬季に共同提案機関が保有する海洋観測調査船または傭船を用いて広域的な海洋調査を実施し、瀬戸内海東部海域における有害赤潮種の出現特性を明らかにする。また、近年有害赤潮が頻発する片上湾を対象として、有害赤潮種の出現特性や湾外への流出機構を明らかにする。さらに、各機関が有する有害赤潮発生シナリオと発生予察技術（夏季：シャットネラ，冬季：ユーカンピア）について、取得データ解析等による検証を重ね、当該技術の精度向上を図り、予察対象種の拡大についても検討する。また、漁業被害軽減のための行動計画策定に向けた知見の収集を行う。

1) 夏季海洋モニタリング調査

1. 広域モニタリング調査

当該海域に計 24 点の調査定点を配置し（図 1）、有害赤潮が発生しやすい 6 月から 8 月の期

間中に計 8 回以上、海洋環境（水温、塩分、栄養塩等）およびプランクトン細胞密度等のモニタリング調査を実施した（表 1、表 2）。

調査定点（24 定点、図 1）

岡山県 5 点（OY1, OY2, OY3, OY4, OY5）

兵庫県 6 点（H2, H28, H30, H31, Bz1, Bz2）

大阪府 3 点（OS1, OS2, OS3）

徳島県 3 点（T4, T1, St.4）

香川県 7 点（K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7）

アンダーラインは、珪藻類の全数計数を行った定点を示す。

調査実施月日

岡山県 6/17, 7/1, 7/8, 7/15, 7/23, 7/29, 8/5

兵庫県 6/3, 6/16, 6/30, 7/7, 7/14, 7/22, 7/28, 8/4

大阪府 6/9, 6/16, 6/24, 7/1, 7/8, 7/14, 7/22, 7/28, 8/8, 8/13

徳島県 6/9, 6/23, 6/30, 7/7, 7/14, 7/22, 7/28, 8/4

香川県 6/16, 6/23, 7/7, 7/22, 7/28, 8/4, 8/12, 8/18

観測層および調査項目等

観測層および調査項目を表 1、2 に示した。水温、塩分および溶存酸素飽和度（以下、溶存酸素）は、多項目 CTD により測定した。採水は、北原式採水器またはバンドーン式採水器にて行い、栄養塩濃度（以下、栄養塩）、クロロフィル *a* 濃度（以下、クロロフィル *a*）、プランクトン細胞密度の測定に供した。プランクトンの細胞密度は、原則として試水 1 mL を検鏡した。また、代表点の表層において全珪藻数の測定を行った。

なお、赤潮の発生に関しては、一部本事業以外の調査結果も含めてとりまとめた。気象データとして、気象庁気象統計情報（<https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>）から姫路特別地域気象観測所（兵庫県姫路市）における気温、風速、降水量および大阪管区气象台（大阪府大阪市）の全天日射量の観測値と平年値（1991~2020 年）を解析に用いた。

2. 片上湾調査

① 湾奥調査

2025 年 5~8 月に、図 2 で示した片上湾の湾奥部において表層、中層（1.5 m 層）、底層（底上 0.5 m）で採水し、*Chattonella antiqua*, *C. marina* および珪藻類の細胞密度を調べた。ただし、現場海水では *C. antiqua* と *C. marina* の識別困難な個体が多く出現することから、本報では両種を区分せず、これらを全て合わせたものを 2 種合計の細胞密度（*C. antiqua* + *C. marina*）として解析に供した。また、水温、塩分、クロロフィル *a*、栄養塩等の測定を行った。なお、調査頻度は、5~6 月は週に 1 回程度、7~8 月は月に 2 回程度とした。また、各層に測器を設置し、10 分に 1 回、水温、塩分、蛍光クロロフィル量と底層の溶存酸素を測定した。

② 湾内モニタリング調査

2025 年 5~9 月に、毎月 2 回、図 2 で示した 31 定点において、表層水を採取し、*C. antiqua* + *C. marina* の細胞密度を調べた。

③ *Chattonella* 属のシスト調査

2025 年 12 月 15 日に片上湾およびその周辺海域で採泥を行った。柱状採泥器により採取した表層泥（0~1 cm）5.0 g を篩（20~150 μm）により分画回収し、滅菌ろ過海水で 10 mL に定容した。泥試料の一部について、明視野および蛍光（B 励起）下で *Chattonella* 属のシストを顕微鏡により計数した。シスト密度は各泥試料の比重を元に体積あたりに換算して求めた。

2) 冬季海洋モニタリング調査

当該海域に計 40 点の調査定点を配置し（図 3）、有害珪藻赤潮が発生しやすい 10 月から翌

年2月までの期間中に計4回以上、海洋環境（水温、塩分、栄養塩等）およびプランクトン細胞密度等のモニタリング調査を実施した（表3）。

調査定点（40 定点、図3）

岡山県 11 点（OY1, OY2, OY3, OY4, OY5, OY6, OY7, OY8, OY9, OY10, OY11）
兵庫県 12 点（H1, H2, H3, H4, H6, H7, H8, H28, H29, H30, H31, H32）
大阪府 3 点（OS1, OS2, OS3）
徳島県 3 点（St. 2, St. 4, St. 5）
香川県 11 点（KA1, KA2, KA4, KA7, K4, KA11, KA19, KA21, KA22, KA23, KA26）

調査実施月日

岡山県 11/4, 12/2, 1/6, 2/3
兵庫県 11/4, 12/1, 1/5, 2/2
大阪府 11/4, 12/1, 1/6, 2/12
徳島県 11/5, 12/1, 12/17, 1/7, 1/21, 2/4
香川県 11/5・6, 12/1・2, 1/6・7, 2/3・4

観測層および調査項目等

水温、塩分および溶存酸素は、多項目 CTD により測定した（表2, 3）。採水は、北原式採水器またはバンドーン式採水器にて行い、栄養塩、クロロフィル *a*、プランクトン細胞密度の測定に供した。各調査項目の測定および分析方法を表2に示した。プランクトンの細胞密度は、原則として試水 1~3 mL を検鏡した。*Coscinodiscus wailesii* については、試水（40 mL~1 L）を濃縮して計数した。なお、とりまとめにあたり、全機関の調査日がほぼ揃っている 11 月上旬、12 月上旬、1 月上旬、2 月上旬（大阪湾は2月中旬）の結果を中心に、一部本事業以外の調査結果も含めてデータの整理と解析を実施した。

気象データとして気象庁気象統計情報（<https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>）から姫路特別地域気象観測所（兵庫県姫路市）における気温、風速、降水量および大阪管区气象台（大阪府大阪市）の全天日射量の観測値と平年値（1991~2020 年）を解析に用いた。

3) 赤潮の広域輸送機構の解明

過去に片上湾から流出し、播磨灘および備讃瀬戸へと拡大したシャットネラ赤潮の広域輸送機構を明らかにするために、三次元海洋モデル SCHISM（Zhang et al. 2016）を用いた数値解析を実施した。本解析では、赤潮に見立てたラグランジュ粒子を片上湾および周辺海域から放出し、その挙動を追跡した。

計算領域は瀬戸内海—太平洋領域（図4）とし、非構造格子を用いて片上湾付近の複雑な地形を精細に解像した（図5）。令和6年度事業では、既往研究を参考にシャットネラの日周鉛直移動を考慮するように粒子追跡モデルを改良した。具体的には、日中（6-18 時）には上向き 0.8 m/h、夜間（18-6 時）には下向き 0.8 m/h の鉛直移動速度を設定し、水中光量や水質（塩分、栄養塩濃度など）の影響は考慮しないものとした。数値モデルの詳細については、R5 年度および R6 年度報告書を参照されたい。

解析対象は、過年度と同様に、2018 年7月上旬の西日本豪雨直後に発生したシャットネラ赤潮とした。本年度事業では、片上湾および周辺海域において発生したシャットネラ赤潮の広域輸送機構を解明するために、図6に示す4種類の粒子初期配置条件（Case 1~4）を設定し、初期配置の違いによる挙動の差異を解析した。粒子は水平方向に 10 m 間隔、鉛直方向に 1 m 間隔で配置し、2018 年6月30日0時に瞬間的に放出した。

4) 有害赤潮発生シナリオおよび発生予察技術の検証

1) および2) で取得したデータならびに既存データ等に基づいて、当該海域における有害赤潮発生と気象条件・海洋環境との関係を解析し、既存の有害赤潮発生シナリオおよび発生予察技術

の検証を行った。また、予察対象種等の拡大に向けて、過去の調査データより、新予察対象種の赤潮発生シナリオを作成するために有効な環境因子（説明変数）を抽出した。なお、モニタリング調査結果および予察情報の一部は各機関のホームページおよび国立研究開発法人水産研究・教育機構が運用するポータルサイトを活用し、情報発信を行った。

5) 行動計画の検討

海域の特性に合わせて科学的知見に基づき漁業者が実施する赤潮対策を策定・改善するために、過年度に作成したフローチャート（赤潮の発生段階に応じた各府県の対策実施状況を整理したもの）をもとに、瀬戸内海東部における赤潮対策の課題を検討した。

(3) 結果および考察

1) 夏季海洋モニタリング調査

1. 広域モニタリング調査

① 気象

概況：2025 年の近畿地方は、梅雨入りが平年よりかなり早い 5 月 17 日頃となり（平年：6 月 6 日頃）、梅雨明けは 6 月 27 日頃（平年：7 月 19 日頃）、梅雨時期の降水量の地域平均平年比は 84%であった。6 月前半は前線・低気圧の影響で雨が多く、中旬後半～下旬前半は晴れて気温が急上昇した後に再び前線の影響で雨が続いたが、梅雨明け後は晴天と厳しい暑さとなった。7 月前半は晴天と猛暑が主体であり、中旬は湿った空気の影響で雨の日が増加したが、下旬は連日晴れて猛烈な暑さとなった。8 月前半は猛暑の後に不安定な天気となり、中旬は晴れと猛暑が戻るが再び大気不安定となり、下旬は再び晴天優勢で猛烈な暑さとなった。気象庁観測結果：6-8 月の気温、日平均風速、降水量および全天日射量の旬平均値・旬合計値と旬平年値の推移を図 7-10 に示した。気温は 6 月上旬に平年よりも低かったが、それ以降は 8 月下旬まで高め傾向が継続し、特に 6 月下旬と 7 月上旬はそれぞれ平年を 3.2℃、4.4℃上回った（図 7）。日平均風速は 2.1 m/s から 3.7 m/s で推移し、7 月中旬は平年をかなり上回った（図 8）。降水量は 6 月上旬、7 月中旬、8 月上・中旬に平年より多く、その他の期間では平年より少なく、特に 7 月下旬の降水量は 0.0 mm であった（図 9）。全天日射量は 6 月上旬に平年よりも低かったが、それ以降は 8 月下旬まで平年並みか平年を上回った（図 10）。

② 海象

水温（図 11）：調査期間が進むにしたがって、各海域の水温は上昇し、播磨灘北部の表層では 18~30℃前後で、中層から底層（5 m 層~B-1 m 層）では 17~30℃前後で推移した。大阪湾の表層では 21~30℃前後で、中層から底層では 18~28℃前後で推移した。播磨灘南部の表層では 19~28℃前後で、中層から底層では 17~28℃前後で推移した。各海域ともに概ね水温成層が形成されており、顕著な混合は見られなかった。

塩分（図 12）：播磨灘北部では 29~32 前後で推移した。大阪湾の表層では変動が大きく 21~29 前後で推移し、中層から底層では 31~32 前後で推移した。播磨灘南部では 32 前後で推移した。

透明度（図 13）：播磨灘北部では 2~8 m 前後で、大阪湾では 2~5 m 前後で、播磨灘南部では 6~13 m 前後で推移した。

③ 水質

栄養塩（図 14-16）：。DIN 濃度（以下、DIN）、PO₄-P 濃度（以下、PO₄-P）、SiO₂-Si 濃度（以下、SiO₂-Si）のいずれも全般に低めで推移した。大阪湾の表層の DIN や播磨灘北部岡山県海域の表層の SiO₂-Si の一部を除いて概ね底層で高かった。播磨灘北部では 7 月下旬から 8 月上旬にかけて全層で SiO₂-Si が低下した。

クロロフィル *a*（図 17）：大阪湾の表層では高い値で推移した。播磨灘北部では 7 月下旬から 8 月上旬にかけて底層で上昇した。

溶存酸素 (図 18) : 溶存酸素 (以下, DO) は, 各海域ともに表層と 5 m 層では 90%以上で推移した。底層は低く推移し, 特に大阪湾と播磨灘南部で低かった。

④ 有害赤潮種

本事業における調査期間中の主要監視対象種の出現動向は次のとおりであった。

Chattonella antiqua および *C. marina* (図 19, 24) : 播磨灘北部では, 6 月中旬に初認された (1.3 cells/mL, 6/16, 兵庫県海域, H30, 表層)。兵庫県海域では最高 7.3 cells/mL (7/14, H31, B-1 m 層, 7/22, H30, B-1 m 層), 岡山県海域では最高 9 cells/mL (7/8, OY-2, B-1 m 層) まで増殖したが高密度化することなく低密度で推移し, 8 月上旬には細胞は確認されなくなった。播磨灘南部では 1 cell/mL 未満と低密度で散見される程度であった。大阪湾では本事業の調査点での出現は確認されなかったが, 8 月 8 日に堺市沿岸域の定点で初認された (1 cell/mL)。以後, 断続的に低密度で確認されていたが, 調査期間外の 9 月 22 日に湾東部海域で増殖・分布拡大し, 湾奥部の 3 定点で警戒密度 (100 cells/mL) を超過した (最大 304 cells/mL : 西宮市沿岸域)。翌週には注意密度 (10 cells/mL) を下回った。香川県海域では本事業の調査海域外の燧灘で 7/15 に *C. antiqua* が 35.3 cells/mL に達し, 小規模ながら海面の着色が認められたが, 8 月 5 日以降の出現は確認されなくなった。

Chattonella ovata (図 20) : 7 月上旬に播磨灘北部で初認された (0.3 cells/mL, 7/1, 岡山県海域, OY-3, B-1 m 層)。その後も低密度で推移し, 高密度化することなかった (最高 3.7 cells/mL, 7/8, 岡山県海域, OY-1, 5 m 層)。大阪湾での出現は確認されなかった。播磨灘南部では 1 cell/mL 未満と低密度で散見される程度であった。

Karenia mikimotoi (図 21) : 6 月上旬に播磨灘北部で初認された (0.7 cells/mL, 6/3, 兵庫県海域, BZ1, 10 m 層)。その後, 7 月中旬に播磨灘北部で確認されたもの (1 cells/mL, 7/15, 岡山海域, OY-5, 表層) を除いて確認されなかった。大阪湾および播磨灘南部での出現は確認されなかった。

Margalefidinium polykrikoides (= *Cochlodinium polykrikoides*) (図 22) : 6 月下旬に播磨灘南部で初認された (最高 0.1 cells/mL, 6/30, 徳島県海域, T4, 10 m 層)。その後も 8 月中旬まで播磨灘南部で散見されたが, 低密度で推移した (最高 24 cells/mL, 7/22, 香川県海域, K1, 5 m 層)。大阪湾での出現は確認されなかった。播磨灘北部では 5 cells/mL 以下と低密度で散見される程度であった。

Heterocapsa circularisquama : 本事業の調査期間中は, いずれの海域からも発生は確認されなかった。調査期間外の 10 月 6 日に大阪湾広域で初認された。初認時に岬町沿岸域の定点で最大 4,792 cells/mL 出現し, 着色が確認された。以後数日間は, 阪南市を中心としたごく沿岸域で数十~数百 cells/mL が確認されていたが, 10 月 14 日以降はほとんど確認されなくなった。

⑤ まとめ

本事業における調査期間中の主要監視対象種の出現は限定的であった。珪藻類は, 大阪湾では 10^3 cells/mL を超過する密度で推移した。播磨灘北部では一時的に 10^3 cells/mL を超過する密度であったが, 概ね $10^2 \sim 10^3$ cells/mL 前後で推移した。播磨灘南部では北部よりも低く $10 \sim 10^2$ cells/mL 前後で推移した。(図 23)。事業外の調査では大阪湾東部海域で 9 月下旬に *Chattonella antiqua* および *C. marina*, 同湾南部海域で 10 月上旬に *Heterocapsa circularisquama* が, 香川県海域の燧灘東部で 7 月中旬に *Chattonella antiqua* が高密度化した。

2. 片上湾調査

① 湾奥調査

湾奥部では, 6 月 17 日に *C. antiqua* と *C. marina* が初認された (中層 ; 0.04 cells/mL, 底層 ; 0.09 cells/mL) (図 25A)。6 月 24 日には表層, 中層, 底層の順に 0.18, 0.15, 0.08 cells/mL とわずかに増加したが, その後はほとんど確認されなかった。また, 後述するが湾内全域で毎月

2 回実施している調査でもほとんど確認されなかったことから、本年度は湾内での大規模発生はなかったと考えられた。同期間中の珪藻の全細胞数の推移をみると、表層と中層では 6 月 24 日に 1,360 cells/mL と 9,480 cells/mL となり、底層では 6 月 17 日に 6,090 cells/mL と期間中最高値を示したが、その後はほとんど確認されなかった (図 25B)。また、同地点における DIN 濃度は、調査ごとに大きな変動を示したが、完全に枯渇することなく一定程度の濃度を保ちながら推移した (図 25C)。期間中の平均値で見ると表層、中層、底層の順に 5.8, 2.6, 6.2 μM となった。

今年度非発生となった原因について検討するため、発生年の 2023 年と 2025 年の 5 月下旬から 8 月中旬の底層水温と DO の推移を比較した (図 26)。6 月中旬までの底層水温は両年ともにほぼ同程度で推移していたが、2025 年は 6 月下旬に急激に上昇し、7 月上旬以降はほぼ 30°C 前後となった。一方、2023 年において 30°C 以上となったのは 8 月上旬以降であった。DO は、両年ともに大きく変動しながら推移したが、2025 年の DO は高く、無酸素状態になったのは、8 月上旬以降であった。2023 年では 6 月中旬には無酸素化し、いったん増加がみられたものの 7 月以降はほぼ無酸素であった。また、2024 年も 6 月には無酸素であった。

他地域における知見や本海域での傾向から、底層の無酸素化によって競合する珪藻類の増殖が抑制されると *Chattonella* 属の増殖が促進されることが考えられている。本年は底層 DO が高く、無酸素化の時期が例年よりも遅かった。また、本年は気温が高く、水温も著しく高かったため、無酸素化が生じた時期の水温は 30°C 以上であり、*Chattonella* 属の増殖が難しい水温であった。すなわち、DO の低下と水温上昇のタイミングが例年とは異なったことから *Chattonella* 属の増殖が抑制された可能性が考えられた。

② 湾内モニタリング調査

5 月 12 日、26 日、6 月 9 日、23 日、7 月 8 日、22 日、8 月 4 日、18 日、9 月 8 日、22 日に調査は実施した。6 月 23 日に初認され (全 31 定点中 3 定点で確認、最高細胞密度 1 cell/mL)、7 月 8 日にも散見された (31 定点中 6 定点で確認、最高細胞密度 1 cell/mL)。その後、7 月 22 日の片上湾中央部において、期間中最高値となる 20 cells/mL 確認されたが、以降の調査では全く見られなかった。同湾では、毎年初夏に赤潮状態となっていたが、本年は *Chattonella* 属の大規模発生は確認されなかった。

③ *Chattonella* 属のシスト調査

2025 年の調査では、湾の最奥部 2 定点を除く 8 定点で *Chattonella* 属のシストが確認された (図 27B)。昨年度はクロロフィル蛍光が異常なシストが観察されたが、今年度はほとんどが正常なシストで、発芽能を持つと推察された (図 28)。シスト密度は、湾内 (St. 1~9) では 0~44 cysts/cm³ を示したのに対し、湾外 (St. 4) では 10 cysts/cm³ であった。2024 年 (図 27A) と比較すると全体的にシスト密度は減少し、特に湾内 St. 4 と湾外 St. 10 で大きく減少が見られた。また、湾奥部ではシストがほとんど確認されず、湾の中央部から湾口部にかけてシストが比較的多く分布しているという傾向は同じであった。これらのことから今年度夏季に片上湾内外で *Chattonella* 属シストは発芽したが、赤潮の発生がなかったことからシストの補給は少なく湾内での全体的なシスト密度が減少したこと、*Chattonella* 属シストは湾中央から湾口部に蓄積されやすいことが推察された。

2) 冬季海洋モニタリング調査

① 気象

概況：11 月の近畿地方は、下旬に寒気の影響があったが全体として晴天が多かった。12 月は

上旬～中旬前半は晴れが多かったが、中旬後半～下旬は気圧の谷や湿った空気の影響で日照時間が少なくなった。1月から2月上旬は降水量が少なく、晴れる日が多かった。

気象庁観測結果：10月から2月上旬の気温、日平均風速、降水量および全天日射量の旬平均値・旬合計値と旬平年値の推移を図32～35に示した。気温は、10月上中旬と12月中下旬、1月中旬は平年を上回り、1月下旬は平年を下回った他は概ね平年並みであった（図29）。日平均風速は、1月中下旬は平年を上回り、11月中下旬と12月下旬は平年を下回った他は概ね平年並みで推移した（図30）。降水量は、10月下旬と11月上旬、12月下旬に平年を上回ったが、その他は平年よりも少なく、特に1月と2月は降水がほとんど観測さなかった（図31）。全天日射量は、10月中旬～11月上旬、12月下旬を除いて平年を上回った（図32）。

② 海象

水温（図33）：各海域の平均水温は、11月は19～22℃前後であり、2月にかけて8～9℃前後まで低下した。

塩分（図34）：各海域の平均塩分は、概ね表底層の差が小さく32前後で推移した。大阪湾の表層は期間を通じて底層より低く、30～31前後で推移した。

透明度（図35）：各海域の平均透明度は、播磨灘北部で5～6m前後、播磨灘南部で7～9m前後、備讃瀬戸で4～6m前後、大阪湾の透明度は4～8m前後で推移した。各海域ともばらつきが大きく、主に植物プランクトンの発生量の違いによるものと考えられた。

③ 水質

栄養塩（図36～38）：11～1月の各海域の平均DINは、播磨灘北部で1.3～1.8μM、播磨灘南部で1.6～2.5μM、備讃瀬戸で1.5～2.6μM前後であったが、2月は1μM未満と低下した。大阪湾では他海域よりも表層、底層ともに高く、表底層ともに4μM以上であった。各海域の平均PO₄-Pは0.5～1.7μM前後で推移した。各海域の平均SiO₂-Siは、播磨灘北部で1.5～6.7μM前後、播磨灘南部で3.3～8.7μM前後、備讃瀬戸で4.6～9.0μM前後、大阪湾では5～22μM前後で推移し、播磨灘と備讃瀬戸では1月に高く、大阪湾では1月に低かった。

クロロフィルa（図39）：播磨灘北部では12月を除いて底層で高く、播磨灘南部では11月を除いて期間中の変動が小さかった。備讃瀬戸では期間を通じて底層が高かった。大阪湾では12月と1月に表層で増加した。

溶存酸素（図40）：大阪湾と1月の播磨灘南部を除いて表層、底層とも大きな変動は見られなかった。大阪湾は表底差が他の海域と比べ大きかった。

④ ノリ色落ち原因種

Coscinodiscus wailesii（図41）：11月の調査期間始期から瀬戸内海東部の広い海域で確認され、11月は播磨灘北部（最高4,760 cells/L、岡山県海域、OY1、表層）、播磨灘南部（最高1,600 cells/L、香川県海域、KA2、10m層）大阪湾（最高2,955 cells/L、大阪府海域、OS2、底層）、備讃瀬戸（最高8,400 cells/L、香川県海域、KA21、底層）と高密度化した。12月には全域で500 cells/L以下まで減少し、1月以降は散見される程度であった。

Eucampia zodiacus（図42）：11月の出現は限定的であり、12月は確認さなかった。1月は播磨灘北部（最高88 cells/mL、兵庫県海域、H32、底層）、播磨灘南部（最高287 cells/mL、香川県海域、KA7、底層）、大阪湾（最高51 cells/mL、大阪府海域、OS1、底層）、備讃瀬戸（最高137 cells/mL、香川県海域、KA21、表層）と増殖が確認された。2月は播磨灘北部（最高109 cells/mL、兵庫県海域、H30、底層）、播磨灘南部（最高267 cells/mL、香川県海域、KA7、底層）、大阪湾（最高83 cells/mL、大阪府海域、OS2、底層）、備讃瀬戸（最高65 cells/mL、香川県海域、KA19、底層）とやや増加した。

その他の種類: *Skeletonema* spp., *Chaetoceros* spp.といった小型珪藻が一定程度確認されたほか、*Guinardia* spp., *Rhizosolenia* spp.などが多くみられた。

⑤ まとめ

今年度は *C. wailesii* は 11 月に広域で高密度化したことが、12 月には大幅に減少し、1 月以降はほぼ確認されなくなった。*E. zodiacus* は 12 月までの出現は限定的であったが、1 月以降はやや増加傾向にあったが、大規模発生には至らなかった。播磨灘および備讃瀬戸のノリ養殖漁場では少雨により DIN がかなり低めで推移したため、一部で養殖ノリの色調低下がみられ 2 月上旬時点では色落ちが確認されている。

3) 赤潮の広域輸送機構の解明

7 月 2 日、5 日、9 日の正午におけるシャットネラ赤潮の表層分布（細胞密度）の計算結果を図 43 に示す。計算結果は、1 km メッシュ内の粒子個数に基づく粒子密度として表示している。Case 1 および Case 2 では、粒子は片上湾からほとんど流出せず、湾内に滞留する傾向が示された。これに対し、Case 3 および Case 4 では、粒子は片上湾から流出し、播磨灘北西岸に沿って西方に拡がる様子が確認された。ただし、Case 3 では流出量が比較的少なく、県域を越える広域輸送には至らなかった。一方、Case 4 では県域をまたぐ顕著な広域輸送が生じ、観測結果（小川ら 2022a）に近い分布が再現された。以上より、西日本豪雨の直後に発生したシャットネラ赤潮の広域輸送には、日生諸島付近で発生した赤潮が大きく寄与している可能性が示唆された。

4) 有害赤潮発生シナリオおよび発生予察技術の検証

1. シャットネラ赤潮

前事業で予察精度を検証し、高精度化に取り組んだ各モデル（小川ら 2022b）で発生予察を行った。各海域におけるシャットネラ赤潮の発生シナリオを図 A1~5 に示す。各府県海域における本年度取得したデータによる予察結果（表 4）およびシナリオ適合状況を以下に示す。なお、本予察モデルは *C. antiqua* および *C. marina* の 2 種による赤潮（以下、シャットネラ赤潮）を対象とし、生理生態学的特性の異なる *C. ovata* の発生履歴は勘案されていない（秋山ら 2021）。また、地球温暖化や貧栄養化等の影響を受けて海域環境は年々変化している。現在運用しているモデルが適合しなくなる可能性も高いことから、今後もデータを継続的に取得し、解析を進めることによりモデルの修正と的中率の向上に努める必要がある。

① 岡山県海域（播磨灘北西部）

前事業で作成したシャットネラ赤潮発生シナリオとモデル（小川ら 2022b）を用いて、直近 16 年間（2008~2023 年）のデータを用いた発生予察を行った。モデル①表層水温（5 月）、表層塩分（5 月）、表層 DIN 濃度（6 月）とモデル②表層水温（5 月）、表層塩分（5 月）、底層水温（7 月）を説明変数とした。

本年のシャットネラ赤潮は本県基準（100 cells/mL 以上を発生年）を超えることがなく、「非発生年」であった。前述したモデルを 2025 年に適応したところ、予察モデル①で「△（判断保留）」、予察モデル②で「×（非発生）」となったことから予察は一定程度、的中したものと考えた（図 44）。なお、当該モデルは片上湾内での発生については除外した結果である。

② 兵庫県海域（播磨灘北東部）

シャットネラ赤潮発生シナリオ（西岡ら 2017）にもとづく兵庫県海域における線形判別分析の結果を図 45 に示した。予察モデルは 5 月の表層水温、底層水温、6 月または 7 月の珪藻密度を説明変数として、珪藻密度のデータ獲得時期別に 6 月時点での予察を早期予察、7 月時点

での予察を直前予察とした（長谷川ら 2018a）。

本年のシャットネラの発生は、限定的で低密度で推移し非発生に区分した。両予察モデルは珪藻密度の違いから早期予察では「○（発生）」、直前予察「×（非発生）」の判定結果となり、直前予察は的中した。

③ 大阪府海域（大阪湾）

令和元年度に作成したフローチャート（吉田ら 2020）に基づいて予察を実施した。フローチャートでは、第1段階として6月の *Chattonella* 細胞密度、第2段階として環境条件（7月上旬の水温平年偏差、5~6月の降水量、6月下旬~7月上旬の日照時間）のうち2変数を説明変数とする線形判別により判別基準を設けている。また、予察モデルの精度検証および高精度化により追加した、5~6月降水量と6月下旬~7月上旬日照時間を説明変数とし、判別期間を予察年前年まで延長した新たなモデルも使用した。

本年は、6月中に *Chattonella* spp.が確認されなかった（0 cell/mL）ことから、第1段階の *Chattonella* 細胞密度で「×（非発生）」となった（表4）。また、第2段階の判別式では4モデルのうち2モデルで「○（発生）」、残りの2モデルで「△（判断保留）」となった（図46）。本年夏季にはシャットネラ赤潮は発生しなかった（非発生）ことから、第1段階での予察結果が的中した。本年は環境条件としては発生の可能性が高かったが、シードポピュレーションとなる細胞が出現しなかったことから7~8月の赤潮発生には至らなかったと考えられる。

④ 徳島県海域（播磨灘南東部）

前事業において予察モデルの精度検証と高精度化を行い、現在では予察モデル①：1999~2014年までの「降水量（徳島市5月）」、予察モデル②：1999~2021年までの「DIN（6月 St.4, 10m）」、水温（6月 St.4, 1m）」及び予察モデル③：「珪藻の細胞数（7月上旬 St.4, 0-5m）」、水温（6月 St.4, 5m）」を説明変数とする3つのモデルによる予察を実施している。

2025年に適用した結果、予察モデル①で「○（発生）」、予察モデル②で「△（判断保留）」、予察モデル③で「×（非発生）」となった（表4, 図47）。2025年夏季、シャットネラ赤潮は非発生であり、予察モデル①及び②では予察を的中させることはできなかったが、予察モデル③では予察が的中した。

予察モデル①では、2025年5月の降水量が、解析に用いた期間（1999~2014年）における赤潮発生年（2003, 2011）の平均値 311.8mm に対して 238mm と大きく下回ることにはなかったため発生と判定された。予察モデル②では、6月の表層の DIN 濃度は解析に用いた期間における赤潮発生年（2003, 2011, 2021）の平均値 1.59 μM に対して 0.51 μM と低かったため判断保留と判定された。予察モデル①及び②が的中しなかった要因として、6月及び7月のシードポピュレーションとなる細胞が低密度であったことが挙げられる。予察モデル③では、7月上旬の珪藻細胞密度が発生年の平均値 29.6 cells/mL に対して 61.7 cells/mL と高密度であったため非発生と判定された。

⑤ 香川県海域（播磨灘南西部）

昨年度までの事業で構築したシャットネラ赤潮の発生シナリオに従い、「5月塩分、5月 $\text{PO}_4\text{-P}$ （早期予察）」と「5月降水量、6月 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、7月珪藻類細胞密度（直前予察）」を説明変数とする2つの予察を実施している。

2025年の予察結果を表4に、代表モデルによる解析例を図48に示す。本年はシャットネラ赤潮の非発生年であった。早期予察モデルでは「×（非発生）」判定となった一方、直前予察

では「△（判断保留）」判定となった（表 4）。引き続きデータを蓄積し、両モデルの精度検証に取り組む予定である。

2. ユーカンピア赤潮

これまでの海洋環境データの解析や数値計算から、瀬戸内海東部海域のユーカンピア赤潮には、地場発生型と海流依存発生型の 2 種類の赤潮発生パターンの存在が明らかとなり、これらを考慮した発生シナリオが作成されている（長谷川ら 2018b）。各海域における輸送の発生シナリオを図 B1~5 に示す。ユーカンピア赤潮についても、シャットネラ赤潮と同様に、前事業において予察精度を検証し、高精度化に取り組んだ各モデル（妹背ら 2023）で発生予察を行った。本検証では昨年度漁期（2024 年 11 月から 2025 年 3 月）の予察結果（表 5）とシナリオ適合状況を確認するとともに、本年度の予察状況（本報告作成時点で漁期が終了していないため暫定的な予察）についても各府県海域別に以下に示す。

① 岡山県海域（播磨灘北西部・備讃瀬戸北部）

図 B1 に示すシナリオをもとに作成したモデルを 2024 年度に適応させ、予察モデルの的中結果やシナリオの適合状況を確認した。播磨灘については 2011~2021 年度、備讃瀬戸では 2005~2015 年度のデータを用いてモデルを構築している。なお、各海域 20%以上の調査点で細胞密度が 100 cells/mL となった場合を発生年としているが、教師データによる判別分析で誤判別があったため、予察を「判断保留」とする「△」の範囲を設定している。

ア) 播磨灘

2024 年漁期は、*E. zodiacus* の細胞密度が 100 cells/mL を超える測点が見られなかったことから、局所発生年（×）であった。11 月底層水温、11 月表層クロロフィル *a*、1 月表層クロロフィル *a* を説明変数とした予察モデルでは「×（局所発生）」となり、予察は的中した（図 49）。1、2 月ともに低密度ながらも競合となる小型珪藻が優占していたことから、*E. zodiacus* の増殖が抑えられたと考えられた。

イ) 備讃瀬戸

播磨灘と同じく、ユーカンピア赤潮の局所発生年（×）であった。予察は 12 月日照時間（岡山、気象庁データ）、12 月底層 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、1 月底層水温のモデルにおいて「△（判断保留）」、1 月底層 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 、1 月底層水温を用いたモデルで「×（局所発生）」となり、概ね的中したものと考えられた。播磨灘と同じく小型珪藻が継続して海域に存在しており、*E. zodiacus* が増殖しにくい状況であった可能性が考えられた。

② 兵庫県海域（播磨灘北東部）

本海域はユーカンピア赤潮の初期発生海域のため地場発生のみを想定した。ユーカンピア赤潮発生シナリオ（長谷川ら 2018b）をもとに、これまでの検討から①1~2 月の発生と②3 月の継続性を区別することが妥当と考えられ、それぞれの期間毎に発生を予察した。なお、本海域では程度判断が困難な中間的な発生が確認されていないため、「大量発生」と「局所発生」の二区分による予察を運用している。2024 年漁期の 1~2 月予察は「○（大量発生）」、3 月予察は「×（局所発生）」の判別領域に区分された（図 50）

2024 年漁期の兵庫県海域における *E. zodiacus* の細胞密度は、最大でも 1 月 6 日の 132 cells/mL（Stn.H28、底層）と低密度で推移したことから、2024 年漁期の発生状況は「×（局所発生）」と判断され、1~2 月予察は的中せず、3 月予察は的中した（表 4）。1~2 月は主に小型珪藻類との競合により本種は低密度で局所的な発生に留まったと考えられた。また、継続発生的前提となる 2 月までの発生が限定的であったことから、3 月の発生も限定的であったと考えられた。

2025 年漁期の 1~2 月予察は「×（局所発生）」の判別領域に区分された（図 50）。予察結果

の検証は本年度の最終調査結果の判明後となる。(3月予察は2月データを用いるため未実施。)

③ 大阪府海域（大阪湾）

大阪府海域のユーカンピア赤潮は、類型化により大阪湾内における地場発生と明石海峡を経由した播磨灘北部からの流入発生に場合分けしている。流入赤潮は、播磨灘北東部で高密度化した *E. zodiacus* が、西風により大阪湾に高密度のまま進入することを想定している。ここでは、地場発生赤潮の予察結果について報告する。

浅海定線調査 20 定点のうち、明石海峡に近い St. 6 および St. 7 を除いた 18 定点のうち 3 点以上で 100 cells/mL を超過した調査年月を地場赤潮発生と定義しており、2024 年度漁期には、2024 年 11 月～2025 年 2 月のいずれも非発生であった。令和 4 年度に実施した予察の高精度化により、当該月の 1 ヶ月前の「透明度」「10 m 層の海水密度」「鉛直安定度」の 3 変数を使用し、判別モデルを予察に使用している。その結果、2024 年 11 月、12 月、2025 年 1 月は「×（非発生）」、2025 年 2 月は「○（発生）」と判別され（図 51）、2025 年 2 月を除いて的中した。

④ 徳島県海域（播磨灘南東部）

徳島県海域における *E. zodiacus* は、最高細胞数に達する時期が 1 月（2011 年度）、2 月（2016 年度）、3 月（2012、2015 年度）の 3 パターンに分かれることから、それぞれで発生シナリオを構築している。2024 年漁期は、最高細胞密度が 2.69 cells/mL にとどまり、局所発生年となった。シナリオとの適合状況を検証した結果を以下に示す。

ア) 1 月の発生シナリオ

1 月は、「他海域の *E. zodiacus* が北～北西寄りの吹送流によって流入し、地先の栄養塩を利用して増殖する」という発生シナリオを、過去の発生年（2011）の特徴解析から構築している（図 52）。2024 年 12 月において兵庫及び香川県海域では本種がほとんど出現せず、流入量が少なかったために赤潮が発生しなかったと考えられた。

イ) 2、3 月の発生シナリオ

2、3 月も、他海域からの流入による発生シナリオを想定している（図 B4）。前事業において「1 月の北風風速合計値（徳島地方気象台における北寄りの最大風速のベクトル成分合計）」と「1 月の兵庫県沿岸のユーカンピアの最高細胞密度」からなる予察モデルを作成しており、2024 年漁期の予察結果は「非発生」であった。なお、2025 年漁期は「非発生」と予察されているが（図 53）、本年度の最終調査実施後に改めて予察結果の検証を進める。

⑤ 香川県海域（播磨灘南西部・備讃瀬戸南部）

前事業では、2005～2015 年度のデータを用いた予察モデルの構築と高精度化を図った（妹背ら 2023）。図 B5 に香川県海域のユーカンピア赤潮発生シナリオを示す。本県海域では播磨灘南西部と備讃瀬戸南部について 11～12 月の環境条件データセットより、当該漁期（1～3 月）の「○（大発生）」、「△（発生）」および「×（局所発生）」を予察するモデルを作成しており、その検証を行った。

ア) 播磨灘南西部

2024 年漁期は他の事業で行われた観察結果を含め、2025 年 1 月以降に播磨灘でのユーカンピアの 1 cell/ml 以上の発生は確認されなかったことから、局所発生（×）であったとみなすと、「12 月北風、12 月表層珪藻細胞密度」の 2 変数による判別分析の結果は「×（局所発生）」と予察され的中した（表 5、図 54）。2025 年漁期については「発生」と予察されているが、本年度の最終調査結果判明後、予察結果の検証を進める。

イ) 備讃瀬戸南部

2025 年 1 月以降の備讃瀬戸でのユーカンピアの発生は局所発生 (×) であり、「11 月西風、12 月降水量」の 2 変数による判別分析では「○ (大発生)」と予察され非的中となった (表 5, 図 54)。本海域のシナリオでは、11~12 月の西寄りの風が強く、降水量の少ない年ほど赤潮が発生しやすいとされている (図 B5)。11 月の風は強くなかったが、12 月の月降水量の平年値が 46.7mm であるのに対し、2024 年は 2.0mm と顕著な少雨であったことから大発生と予察されたものと考えられる。風が弱めで少雨であったが、10 月まで非常に多かった *Coscinodiscus wailesii* が減少し、その後珪藻類が少ない状態となり、その際に栄養塩濃度はさほど低下していなかったとみられる。こういった状況が形成される要因について明らかにしていく必要がある。2025 年漁期については「大発生」と予察されているが、本年度の最終調査結果判明後、予察結果の検証を進める。

3. 新予察対象種の選定

令和 5 年に各府県の重要水産種や赤潮対策状況に応じて選定した新たな予察対象種について、赤潮の発生シナリオを構築するための環境因子 (説明変数) について検討した。

① 岡山県

Coscinodiscus wailesii : 1994~2023 年度の 10~翌 3 月における *C. wailesii* の発生状況を整理し、発生シナリオの構築を試みた。毎月上旬の調査において、いずれかの月で全定点の平均値が 100 cells/L を超えた場合を発生、それ以外を非発生としたところ、2003 年度までは全て発生年となったが、2007 年度以降は発生年が 9 件、非発生年が 8 件となった。また、2003 年度までの発生月は概ね 1~3 月だったが、2007 年度以降は 10~12 月に変わった。2007 年度から *C. wailesii* の発生パターンが変化したと考えられたことから、解析には 2007 年度以降のデータを用いた。

岡山県海域における 7~9 月の水温、塩分、栄養塩濃度、クロロフィル *a*、降水量、日照時間等の計 54 要素のデータを用いて、10 月における *C. wailesii* の発生との関係性を調べた (Mann-Whitney *U*-test)。なお、11、12 月の発生時には 10 月の発生が伴っていたことから、10 月を対象とした。本種の赤潮発生年と非発生年における環境因子を比較したところ、8 月表層 PO₄-P、8 月降水量、9 月透明度、9 月日照時間と 9 月降水量で正の相関が認められた (有意水準 10%)。

本年度は、これらの結果を基に以下のシナリオを検討した。夏季の降水によって陸域から栄養塩が供給された状況下で、透明度が高い状態が継続すると海域の有光層が拡大し、底層の *C. wailesii* の増殖が促進される。その後、秋季の上下混合によって表層に輸送されるとともに、継続的に栄養塩が供給されるため、*C. wailesii* の発生が継続する。来年度以降も、解析を継続し、シナリオの適合状況について検討する予定である。

② 兵庫県

Coscinodiscus wailesii : 前年度までの結果から、春季発生は減少傾向にあり、秋季発生の中心が従来の 11 月から 9~10 月へ早期化する傾向が 2008 年以降顕著となった。また、赤潮発生時は海域の広範囲で発生する傾向にある。そこで、2008 年以降を対象に、播磨灘 19 定点の表層・中層・底層の平均細胞密度を用い、平均細胞密度が 100 cells/L 以上の年を「発生年」、それ未満の年を「非発生年」と定義した結果、発生年は 10 年、非発生年は 7 年であった。

次に、各年 7~8 月における海洋環境要因 (水温、表層-底層水温差、塩分、表層-底層塩分差、透明度、DIN、PO₄-P、SiO₂-Si、溶存酸素、クロロフィル *a*) と気象要因 (姫路観測所の気温、降水量、日照時間、大阪管区気象台の全天日射量) の計 46 要素を用い、9~12 月における *C. wailesii* の発生との関係を解析した (Mann-Whitney *U*-test)。有意水準 10%以下の要因を確認

したところ、発生年では以下の傾向が示された。

7月：底層 $\text{PO}_4\text{-P}$ が高く、中層水温が低く、表層－底層の塩分差が大きい。

8月：表層－底層の水温差が大きく、底層 $\text{PO}_4\text{-P}$ が高く、表層 DIN が低く、底層水温が低く、底層 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ が高い。特に、表層－底層の水温差と底層 $\text{PO}_4\text{-P}$ は有意水準 5% 以下であった。

また、既往知見から、*C. wailesii* は他の珪藻よりも沈降速度が大きく、夏季成層期の表層では滞留しにくいこと（小野ら 2006）、*C. wailesii* は $10\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上の低照度条件下でも増殖可能であること（西川ら 2002）、*C. wailesii* の増殖がリン、ケイ酸に制限されやすいこと（西川・堀 2004）が知られている。これらのことから、以下のような兵庫県播磨灘海域における *C. wailesii* の赤潮発生シナリオが考えられる（図 55）。

ア）7～8 月に気温上昇や少雨、外洋からの低温水流入等何らかの要因により、表層と底層の水温差が拡大し、成層が強化される。

イ）*C. wailesii* は沈降速度が大きく、強い成層下では底層に滞留する。

ウ）底層では成層強化により、底泥からの溶出や外洋からの流入等による $\text{PO}_4\text{-P}$ や $\text{SiO}_2\text{-Si}$ が底層で蓄積しやすく、*C. wailesii* は底層で栄養塩を取り込みながら生存する。

エ）一方、表層では DIN が低下し、競合する珪藻類が減少する。

オ）10 月以降、季節変化に伴う鉛直混合により栄養塩を十分に取り込んだ *C. wailesii* が水柱へ拡散し、十分な光環境とともに増殖に至る。

③ 大阪府

Karenia mikimotoi：昨年度、2006～2023 年の *Karenia mikimotoi* の発生状況を整理したところ、18 年間で注意密度（100 cells/mL）を超過したのは 7 年、警戒密度（1,000 cells/mL）を超過したのは 5 年であった。また、注意密度・警戒密度の超過有無にかかわらず、7～8 月頃と 9～10 月頃にそれぞれ細胞密度のピークが見られることが多く、増殖環境の異なる 2 群の存在が示唆された。また、過去の国内でのカレニア赤潮の発生事例から、水温や日照時間、成層構造、栄養塩類による影響が考えられたことから、これらの項目を中心に大阪湾における本種の発生状況との関係を調べたところ、水温・塩分動態（水塊構造）や日照時間との関係が示唆された。

本年は、降水量や風速、鉛直安定度（気温-水温差）、塩分平年偏差等も考慮し、確率分布を二項分布（赤潮発生/非発生）とした「一般化線形モデル」や「条件付き推論木」による判別を行った。その結果、1～3 旬前の環境条件が複数含まれた予察モデルが選択されたが、特に発生側の的中率が十分とは言えなかった。今後は、シャットネラ赤潮予察と同様に、直前の *K. mikimotoi* 細胞密度を説明変数として追加することで、多段階の予察（環境条件による中期予察、細胞密度を加えた直前予察）による精度向上を図る予定である。

④ 徳島県

Chattonella ovata：昨年度、徳島県海域における 68 要素の環境データを用いて 9 月における *C. ovata* の発生との関係性を調べた（Mann-Whitney U-test）。その結果、本種の 9 月発生については、6 月水温（1 m 層）、6 月 DIN（10 m 層）、6 月降水量、7 月 $\text{PO}_4\text{-P}$ （10 m 層）、7 月 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ （B-1 m 層）が有効な説明変数の候補となった（ $p < 0.05$ ）。また、有意ではないが 8 月水温（10 m 層）にも相関が見られており（ $p = 0.2534$ ）、これらの結果を基にすると、以下のような徳島県海域における赤潮発生シナリオが考えられる（図 56）。

ア）6 月降水量が多いことで海域への陸水の流入が多くなり、海域に陸水由来の DIN が供給され、6 月 DIN（10 m 層）が高くなる。同時に、降水時の天候不順や荒天による海面の擾乱、

表層への陸水の流入等により 6 月水温（1 m 層）が低くなる。

イ）表層は珪藻の増加により DIN 濃度が低下するが、珪藻の増殖が比較的緩やかな中層においては、7 月においても高栄養塩濃度（PO₄-P, 10 m 層）が維持される。

ウ）8 月水温（10 m 層）が例年よりやや低めとなることで、*C. ovata* の増殖は抑制されるが、中層の栄養塩を利用しながら栄養細胞として残存する。また、成層が発達し、栄養塩が表層に供給されにくいため、8 月中旬以降は珪藻が低密度の状態が続く。

エ）9 月表層水温が高くなり栄養塩競合種である珪藻が少ないことにより、*C. ovata* が高密度化する（ただし、表層栄養塩が乏しいため、着色する程の増殖には至らない）。

⑤ 香川県

Coscinodiscus wailesii : 2005~2025 年の 10~12 月における播磨灘の *C. wailesii* の発生状況について、その発生パターンについて精査した。浅海定線調査の 4 測点（KA1, KA2, KA4, KA7）いずれかにおいて、表層における同種の細胞数が 200 cells/L を超えた場合を発生、それ以外を非発生とした。その結果、10 月にも 11 月にも発生した場合、12 月にも必ず発生し、この発生パターンが発生年の事例として最も多かった。一方、10 月に発生することなく 12 月に発生したという事例はなかった。発生パターンは前述の 10~12 月に連続で発生するパターンを含め計 4 パターンであった（後述）。これらの発生年と非発生年の環境要因についてその関係について調べた。

上記 4 測点の 7~9 月の水温（表層, 10 m 層, B-1 m 層）、塩分（表層, 10 m 層, B-1 m 層）、透明度, DO（表層, B-1 m 層）、クロロフィル *a*（表層, B-1 m 層）、DIN（表層, B-1 m 層）、PO₄-P（表層, B-1 m 層）、SiO₂-Si（表層, B-1 m 層）の各平均値、引田観測所における月平均気温、降水量、日照時間、平均風速と高松観測所における平均全天日射量、計 66 要素のデータを用いて、*C. wailesii* の発生との関係性を調べた（Mann-Whitney *U*-test）。発生パターンは、10~12 月に発生した年（case1）、10 月と 12 月に発生した年（case2）、11 月のみ発生した年（case3）、case1~3 の発生年すべて（case4）、10 月のみ発生（case5）とした。この結果、表 6 に示すパラメーターについて発生年と非発生年の間に有意差が見出された（*p*<0.05）。

近年では秋期の水温低下が遅くノリ養殖の一連の作業も遅くなる傾向となっていること、本予察で用いる観測は毎月上旬の早い時期に行われることから、*C. wailesii* の発生がノリ養殖に影響を及ぼす時期として 12 月が重要となってきた。しかしながら 10~12 月に連続して発生した年（case1）の環境要因は発生年・非発生年の間で差が乏しく、有意差があったのは 7 月表層 SiO₂-Si のみ（発生年は SiO₂-Si が低め）となっている。一方、過去の事例から 12 月発生には 10 月の発生が不可欠であるため、まずは 10 月の発生を検鏡により確認することで予察可能である。

なお備讃瀬戸においては、2025 年 8 月中旬頃から、漁業者や海水を利用する沿岸の工場から *C. wailesii* の大量発生が寄せられた。この時期は魚類養殖に有害なプランクトンの発生を警戒している時期であり、観察手法や海域の異なる同種の詳細な出現状況についての知見は乏しい。2025 年については他の事業向けに採集された目合 330 μm のプランクトンネット鉛直曳き試料の観察が可能であったため、断片的ではあるが発生の有無について確認した。この試料は目合がやや大きいことや定量性に乏しいことから、あくまでも目安とした。

観察によると、播磨灘においては 7 月 16 日にはいずれの観測点からも確認できなかったが、8 月 1 日には備讃瀬戸寄りの観測点で確認され、8 月 18 日には播磨灘のほとんどの観測点で確認された。また備讃瀬戸においては、8 月 5 日にはすべての観測点で同種の発生が確認された。特に本島周辺から栗島にかけて非常に多い印象であった。10 月の試料でも本島周辺から栗島

にかけては同種が多く見られたが、東側に遠ざかるにつれ徐々にヤコウチュウが増加し、播磨灘に入ると *C. waillesii* は減少した。観察されたヤコウチュウの細胞内には *C. waillesii* が複数取り込まれている例がしばしばみられた。2025 年秋はヤコウチュウの集積による海面の着色の情報も複数あり、その捕食圧は無視できないレベルであったかもしれない。これらのことから、*C. waillesii* の発生シナリオの構築や発生の予察に向けて、7 月下旬頃からの備讃瀬戸からの移流や、ヤコウチュウによる被食の影響を考慮するため、来年度の調査体制を含めて検討する。

5) 行動計画の検討

令和 5 年度は、各府県が実施する赤潮対策状況について、水産試験研究機関、行政の担当課、漁業者それぞれの対応状況が区別できる形で整理し、フローチャートにまとめることにより可視化を行った（秋山ら 2024）。いずれも地場発生型の赤潮に特化した対策であり、移流発生型の赤潮への対応は整備されていないことが判明した。過去の赤潮発生では、播磨灘において 2018 年に灘北部沿岸から灘南部の魚類養殖漁場まで、県域を跨ぐ赤潮の広域輸送が確認された事例があり（高木ら 2024）、関係県は新たに移流発生型の赤潮対策を構築する必要がある。今年度は赤潮流出条件について片上湾における粒子の初期配置の差異による挙動を解析した。次年度以降、本研究課題で取り組んでいる予察技術や広域輸送シミュレーションの結果に基づき、移流発生型の赤潮に対応した改善案を提示する予定である。

引用文献

- 秋山 諭，辻村裕紀，田中咲絵，近藤健，中嶋昌紀，宮原一隆，高倉良太，山下泰司，高木秀蔵，乾 元気，越智洋雅，小川健太，吉田和貴，朝田健斗，加藤眞治. 1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視および予察技術開発ア. 瀬戸内海東部. 令和 2 年度漁場環境改善推進事業のうち栄養塩，赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発 (2) 赤潮被害防止対策技術の開発報告書，水産庁，東京. 2021 ; 7-58.
- 秋山 諭，辻村裕紀，近藤 健，山本圭吾，妹背秀和，肥後翔太，宮原一隆，高木秀蔵，乾 元気，角田成美，石黒貴裕，朝田健斗，岡本裕太，棚田教生，池脇義弘，小川健太，松下悠介，中谷祐介，三宅陽一，坂本節子. 1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視及び予察技術開発並びに赤潮の発生段階に応じた一連に対策（行動計画）の検討・策定 ア. 瀬戸内海東部海域. 令和 5 年度豊かな漁場環境推進事業のうち海域特性に応じた赤潮・貧酸素水塊，栄養塩類対策推進事業 (1) 赤潮等による漁業被害への対策技術の開発・実証・高度化報告書，水産庁，東京. 2024 ; 7-50.
- 長谷川尋士，本田恵二，山下泰司，濱崎正明，宮原一隆，原田和弘，秋山 諭，山本圭吾，田中咲絵，住友寿明，池脇義弘. 魚介類の斃死原因となる有害赤潮等分布拡大防止のための発生モニタリングと発生シナリオの構築①瀬戸内海東部海域. 平成 29 年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業赤潮・貧酸素水塊対策推進事業「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」報告書，水産庁，東京. 2018a ; 9-38.
- 長谷川尋士，本田恵二，山下泰司，濱崎正明，宮原一隆，原田和弘，秋山 諭，山本圭吾，田中咲絵，住友寿明，池脇義弘，鬼塚 剛，阿保勝之，松原 賢. ノリ色落ち珪藻の発生モニタリング，発生機構解明，予察技術開発①瀬戸内海東部海域におけるノリ色落ち原因珪藻の出現諸特性の解明と発生予察. 平成 29 年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業赤潮・貧酸素水塊対策推進事業「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」報告書，水産庁，東京. 2018b ; 282-321.
- 妹背秀和，肥後翔太，宮原一隆，小川健太，松下悠介，秋山 諭，辻村裕紀，近藤 健，高木秀蔵，乾 元気，嵐 俊右，朝田健斗，棚田教生. 1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視および予察技術開発ア. 瀬戸内海東部. 令和 4 年度漁場環境改善推進事業のうち栄養塩，赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発 (2) 赤潮被害防止対策技術の開発報告書，水産庁，東

- 京. 2023 ; 7-54.
- 西川哲也, 宮原一隆, 長井 敏. 播磨灘産有害珪藻 *Coscinodiscus wailesii* Gran の光強度に対する増殖応答. 日本プランクトン学会報, 2002 ; 49, 1-8.
- 西川哲也, 堀 豊. ノリの色落ち原因藻 *Coscinodiscus wailesii* の増殖に及ぼす窒素, リンおよび珪素の影響. 日本水産学会誌, 2004 ; 70, 872-878.
- 西岡智哉, 池脇義弘, 長谷川尋士, 本田恵二, 山下泰司, 濱崎正明, 宮原一隆, 原田和弘, 秋山 諭, 山本圭吾, 田中咲絵. 魚介類の斃死原因となる有害赤潮等分布拡大防止のための発生モニタリングと発生シナリオの構築①瀬戸内海東部海域. 平成 29 年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業赤潮・貧酸素水塊対策推進事業「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」報告書, 水産庁, 東京. 2017 ; 9-36.
- 小川健太, 秋山 諭, 妹背秀和, 高木秀蔵, 嵐俊右. 赤潮の発生シナリオと予察—瀬戸内海東部海域—. 養殖ビジネス 2022a ; 59 : 10-14.
- 小川健太, 松下悠介, 秋山 諭, 辻村裕紀, 近藤健, 妹背秀和, 宮原一隆, 石黒貴裕, 古村振一, 嵐 俊右, 朝田健斗, 棚田教生. 1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視および予察技術開発ア. 瀬戸内海東部. 令和 3 年度漁場環境改善推進事業のうち栄養塩, 赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発 (2) 赤潮被害防止対策技術の開発報告書, 水産庁, 東京. 2022b ; 7-56.
- 小野 哲, 一見和彦, 多田邦尚. ノリ養殖に被害を及ぼす大型珪藻 *Coscinodiscus wailesii* の現存量と沈降速度. 日本海水学会誌, 2006 ; 60, 256-259.
- 高木秀蔵, 鹿島千尋, 中谷祐介, 角田成美, 小川健太, 秋山 諭, 妹背秀和, 朝田健斗. 降雨出水に伴う *Chattonella* 属赤潮の播磨灘内湾部から備讃瀬戸への広域輸送. 土木学会論文集, 2024 ; 80 : 24-17226.
- 吉田和貴, 朝田健斗, 加藤慎治, 越智洋雅, 小川健太, 山下泰司, 高木秀蔵, 宮原一隆, 高倉良太, 秋山 諭, 山本圭吾, 田中咲絵, 上田真由美. 1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視および予察技術開発ア. 瀬戸内海東部. 平成 31 年度漁場環境改善推進事業のうち栄養塩, 赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発 (2) 赤潮被害防止対策技術の開発報告書, 水産庁, 東京. 2020 ; 7-56.
- Zhang YJ, Ye F, Stanev EV, Grashorn S. Seamless cross-scale modeling with SCHISM. *Ocean Modelling* 2016; 102: 64-81.

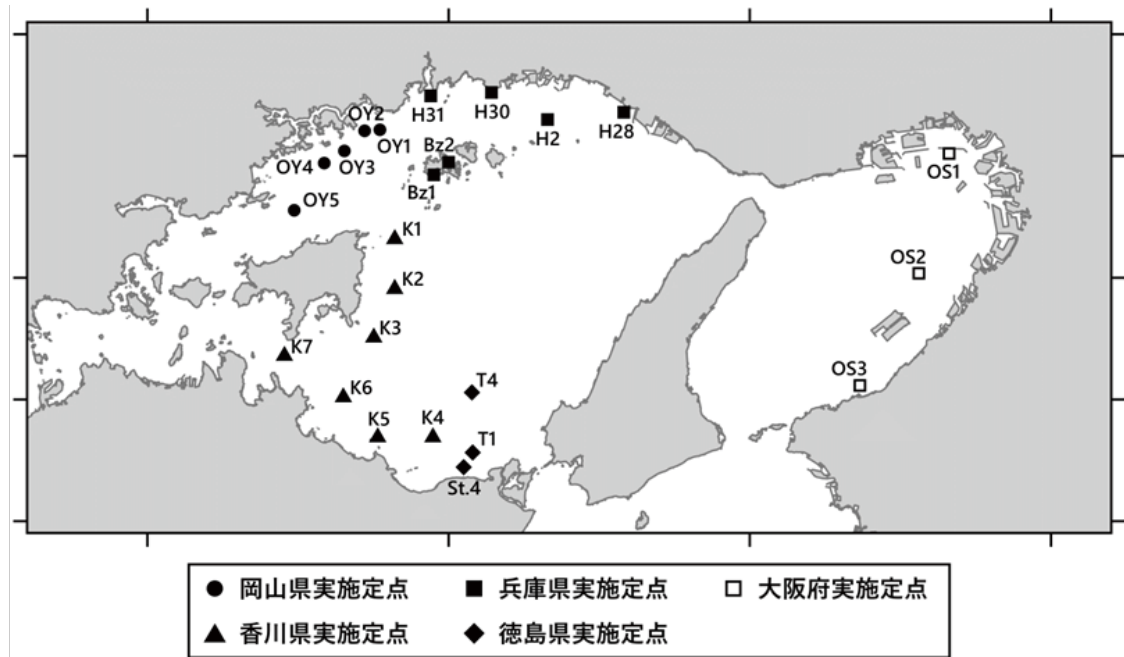


図1 夏季調査定点位置

表1 夏季調査観測層および調査項目

府県名		岡山県	兵庫県	大阪府	徳島県	香川県
観測層 (m)		0.5/5 or 10/B-1	0.5/5 or 10/B-1	0.5/5/10/B-1	1/5/10/B-1	0.5/5/10/B-1
調査定点数		5	6	3	3	7
調査回数		10	8	10	8	8
調 査 項 目	水温	○	○	○	○	○
	塩分	○	○	○	○	○
	透明度	○	○	○	○	○
	NH ₄ -N	○	○	○	○	○
	NO ₂ -N	○	○	○	○	○
	NO ₃ -N	○	○	○	○	○
	DIN	○	○	○	○	○
	PO ₄ -P	○	○	○	○	○
	SiO ₂ -Si	○	○	○	○	○
	クロロフィルa	○	○	○	○	○
	DO	○	○	○	○	○
	プ ラ ン ク ト ン *	Chattonella antiqua, C. marina, C. ovata		○	○	○
		Karenia mikimotoi		○	○	○
		Margalefidinium polykrikoides		○	○	○
		Heterocapsa circularisquama		○	○	○

*：プランクトンは原則として試水1 mL中の有害赤潮種の細胞数を計数する。

兵庫県：水深10m前後の3定点(H28, H30, H31)は3層(0, 5, B-1 m)で観測。

：一部の定点において光合成活性の測定を実施する。

岡山県：水深10m前後の4定点(OY1~4)は3層(0, 5, B-1 m)で観測。

：水深20m前後の4定点(OY5)は3層(0, 10, B-1 m)で観測。

表2 測定・分析方法一覧（夏季調査，冬季調査共通）

府県名		岡山県	兵庫県	大阪府	徳島県	香川県
水温・塩分	多項目CTD	○	○	○	○	○
透明度	透明度板	○	○	○	○	○
NH ₄ -N	インドフェノール青吸光光度法	○	○	○	○	○
NO ₂ -N	ナフチルエチレンジアミン吸光光度法	○	○	○	○	○
NO ₃ -N	銅カドミウムカラム還元 ナフチルエチレンジアミン吸光光度法	○	○	○	○	○
PO ₄ -P	モリブデン青(アスコルビン酸還元)吸光光度法	○	○	○	○	○
SiO ₂ -Si	モリブデン青(アスコルビン酸還元)吸光光度法	○	○	○	○	○
クロロフィル _a	アセトン抽出蛍光法		○	○		○
	多項目CTD	○*			○	
DO	多項目CTD	○	○	○	○	○

*：多項目CTDの蛍光値をアセトン抽出吸光法で補正。



図2 片上湾調査定点位置

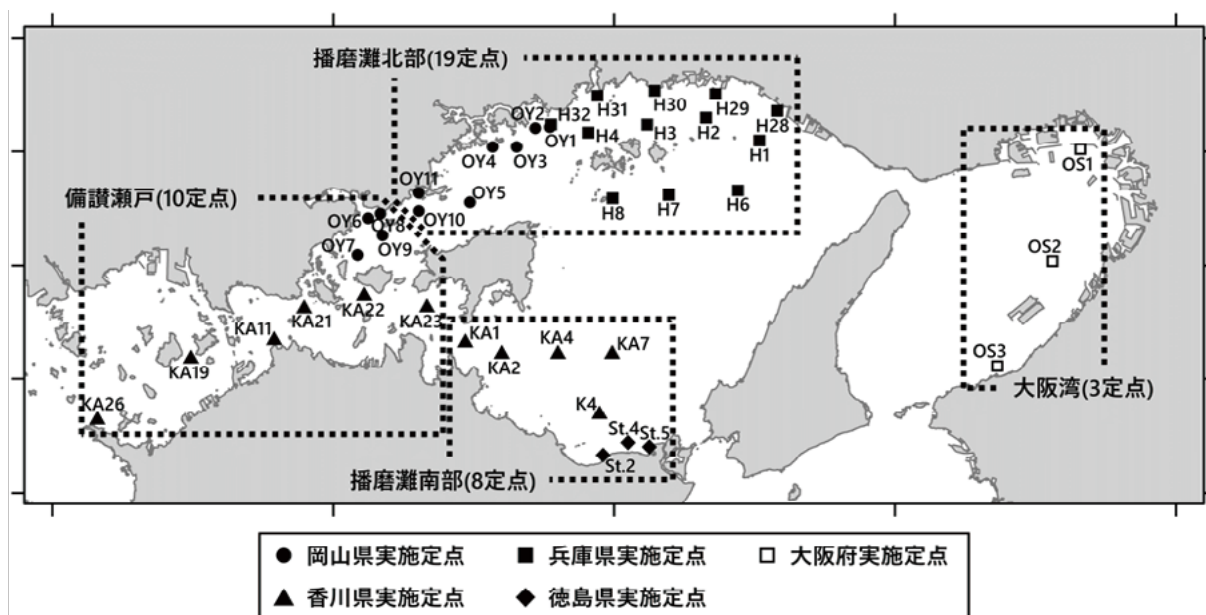


図3 冬季調査定点位置

表3 冬季調査観測層および調査項目

府県名		岡山県	兵庫県	大阪府	徳島県	香川県
観測層 (m)		0.5/2.5 or 5 or 10/B-1	0.5/5 or 10/B-1	0.5/5/10/B-1	1/5/10/B-1	0.5/10/B-1
調査定点数		11	12	3	3	11
調査回数		4	4	4	6	4
調 査 項 目	水温	○	○	○	○	○
	塩分	○	○	○	○	○
	透明度	○	○	○	○	○
	NH ₄ -N	○	○	○	○	○
	NO ₂ -N	○	○	○	○	○
	NO ₃ -N	○	○	○	○	○
	DIN	○	○	○	○	○
	PO ₄ -P	○	○	○	○	○
	SiO ₂ -Si	○	○	○	○	○
	クロロフィル _a	○	○	○	○	○
	DO	○	○	○	○	○
	プ ラ ン ク ト ン *	<i>Eucampia zodiacus</i>	○	○	○	○
		<i>Coscinodiscus wailesii</i>	○	○	○	○
		その他	○	○	○	○

* : *Coscinodiscus wailesii* は海水(40 mL~1 L)を濃縮して計数。その他は生海水 1または1.5 mL中の細胞数を計数。

兵庫県 : 5 m層はH28~32, 10 m層はH1~8で測定。一部の定点において光合成活性の測定を実施する。

岡山県 : 2.5 m層はOY6およびOY11, 5 m層はOY1~4およびOY10, 10 m層はOY5およびOY7~9で測定。

香川県 : 各栄養塩濃度のうち0.5m層はK4を除く全測点で、10 m層はKA1, 2, 4, 7およびKA19で、B-1 m層はKA1, 2, 4, 7およびKA23で測定。クロロフィル_aは表層のみで測定。KA1, 2およびKA23は水深30mの値をB-1mの値として用いる場合がある。

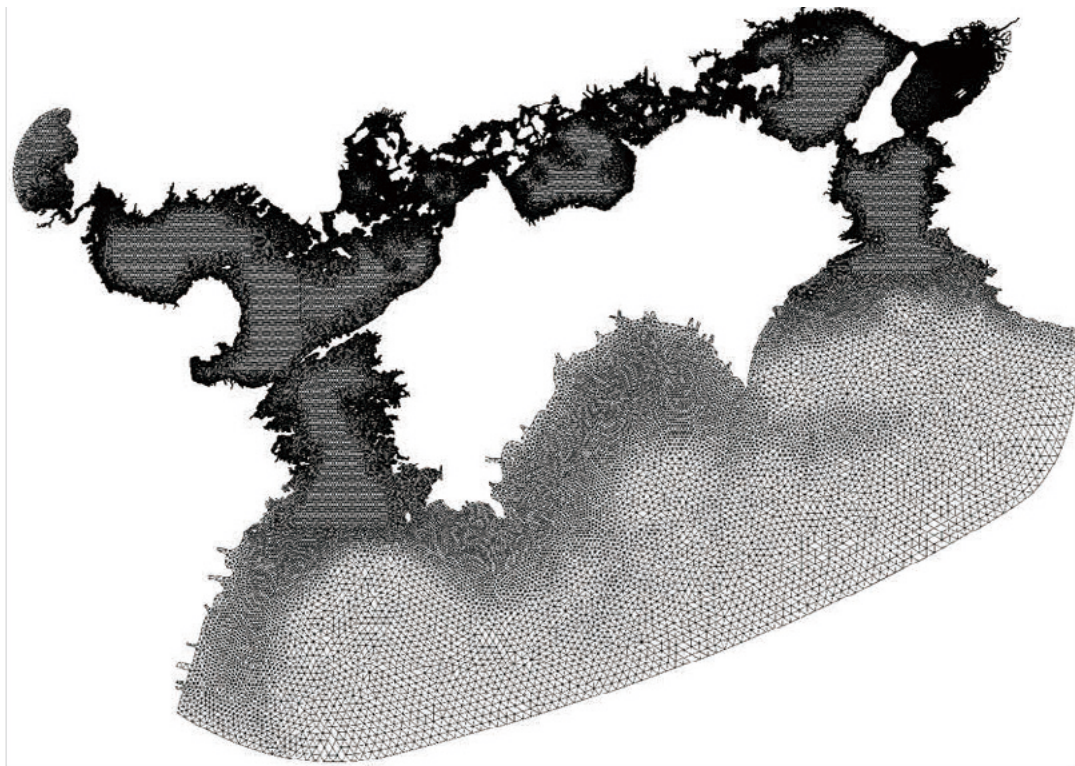


図4 計算領域

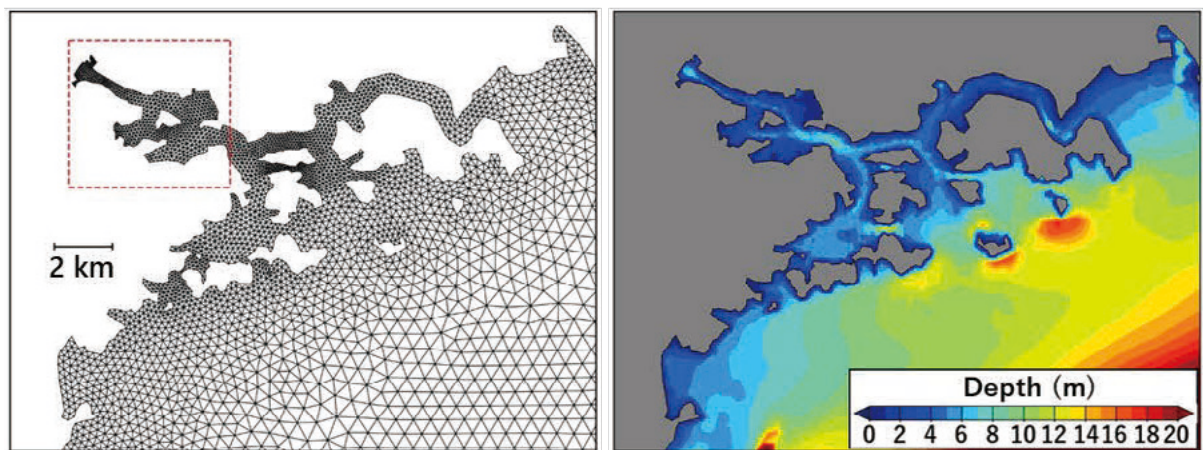


図5 片上湾周辺の計算格子（左）と水深（右）



Case 1
(片上港付近のみに配置)



Case 2
(片上大橋より湾奥に配置)



Case 3
(片上湾の湾口付近まで配置)



Case 4
(日生諸島付近まで配置)

図6 粒子の初期配置

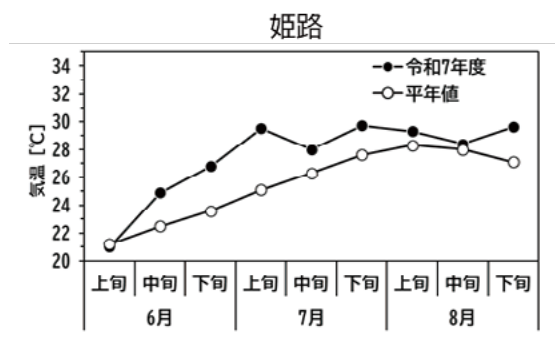


図7 気温の旬平均値の変動
(気象庁気象統計情報から引用)

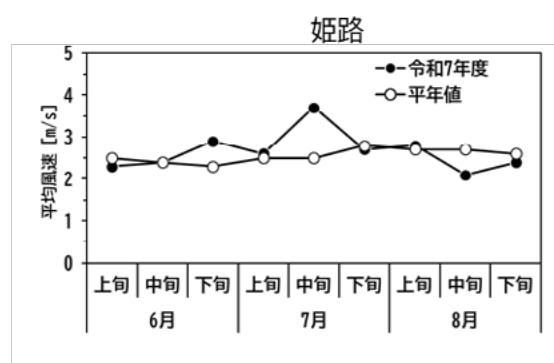


図8 日平均風速の旬平均値の変動
(気象庁気象統計から引用)

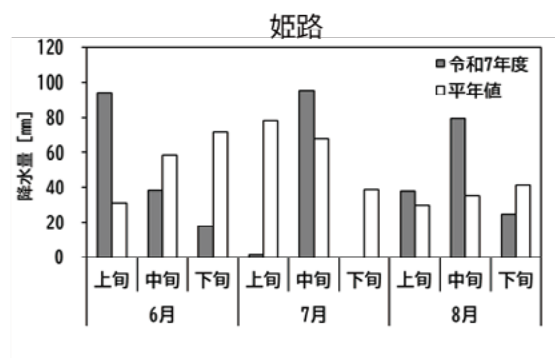


図9 降水量の旬合計値の変動
(気象庁気象統計情報から引用)

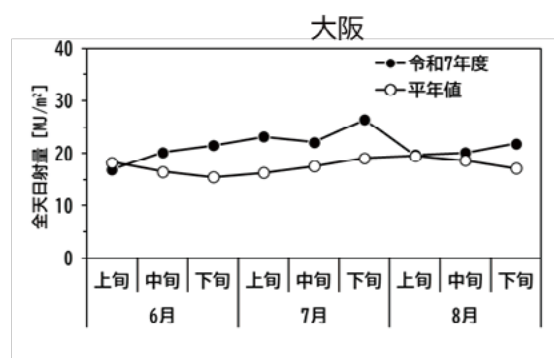


図10 全天日射量の旬平均値の変動
(気象庁気象統計情報から引用)

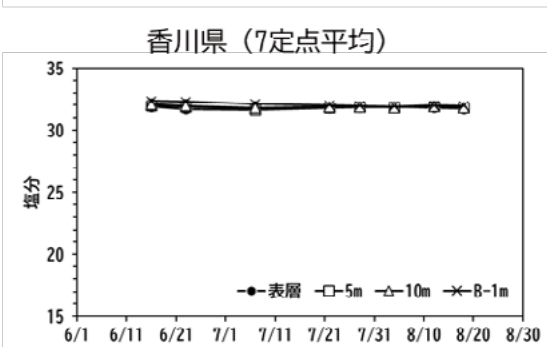
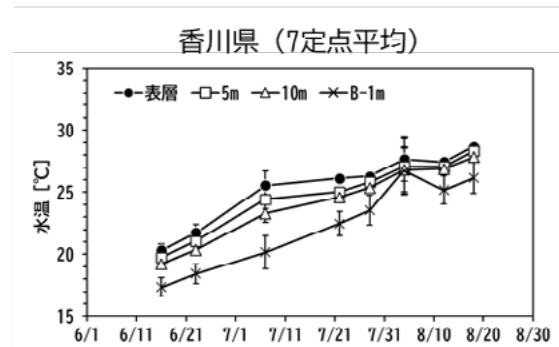
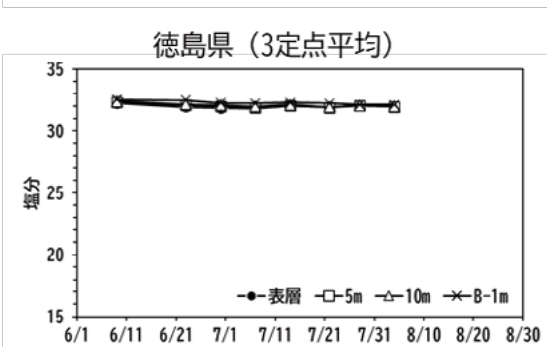
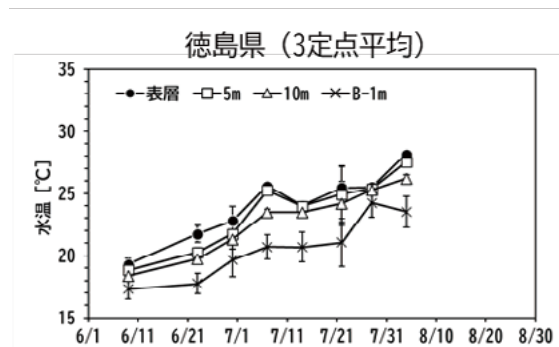
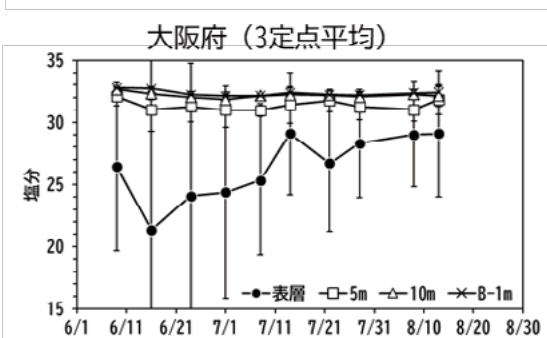
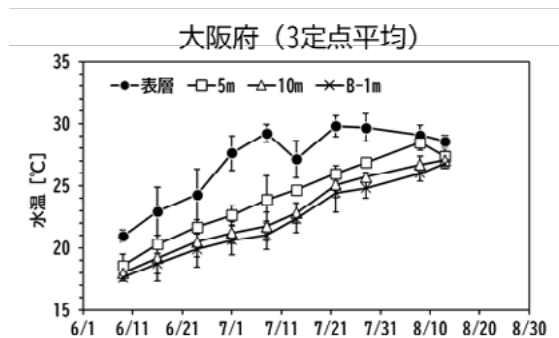
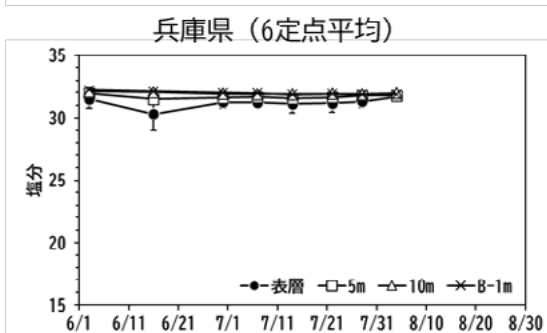
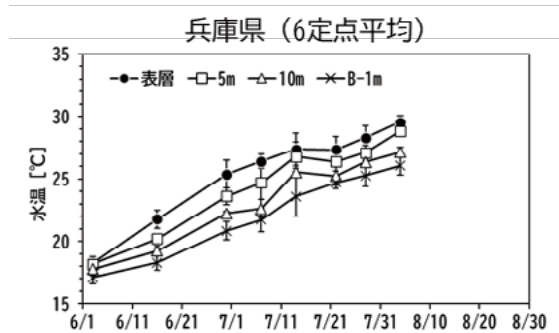
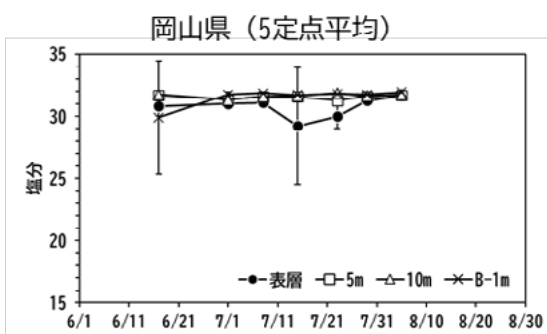
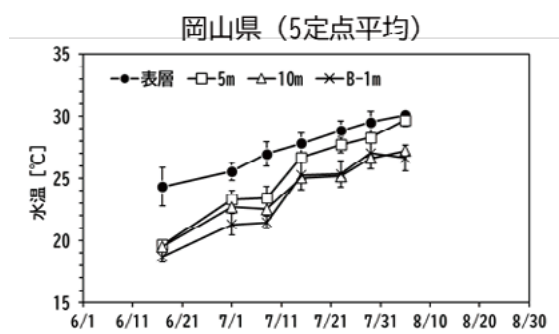


図11 水温の変動
(縦バーは標準偏差を示す。以下同じ)

図12 塩分の変動

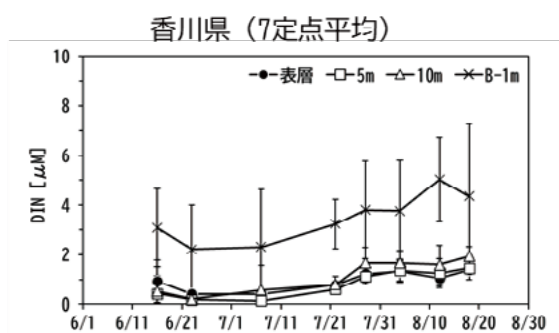
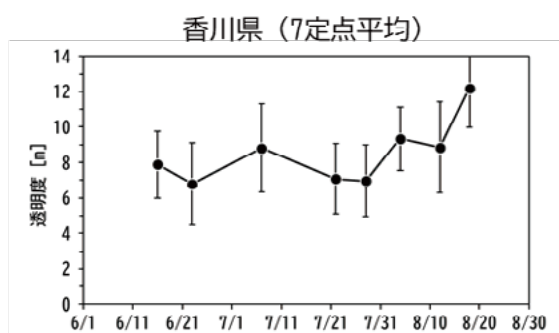
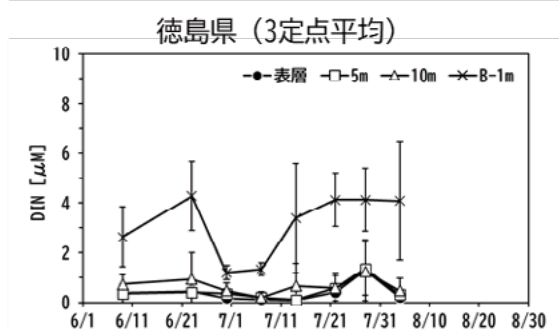
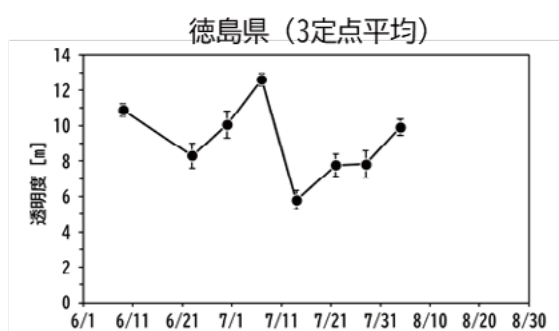
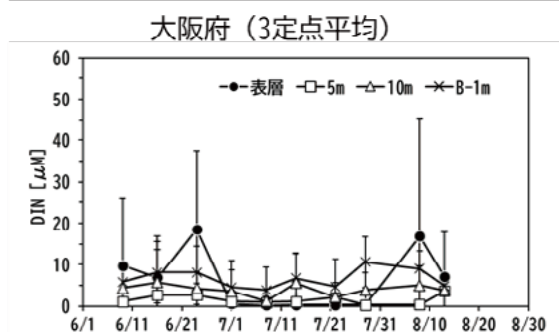
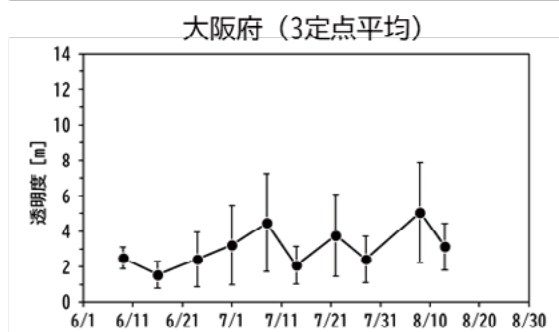
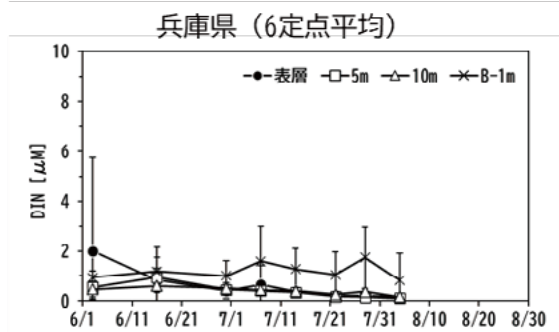
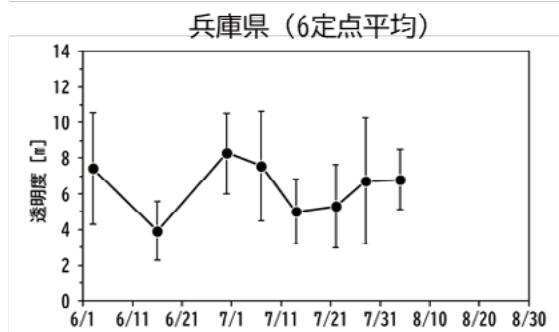
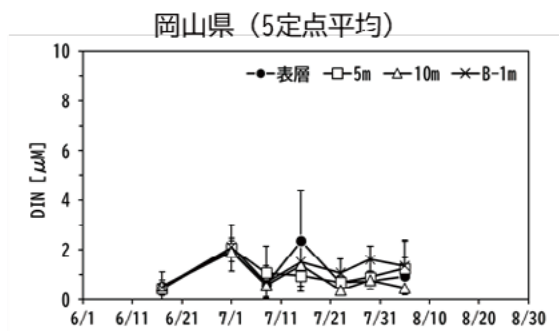
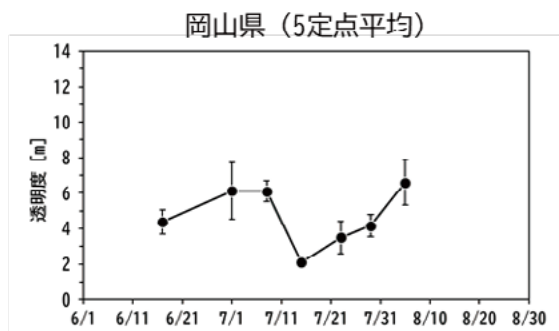


図13 透明度の変動

図14 DINの変動

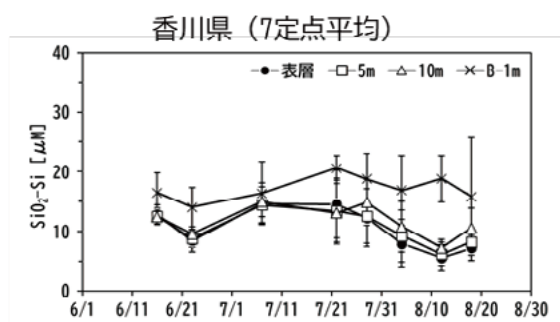
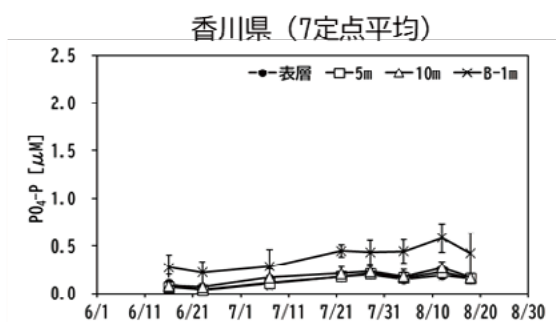
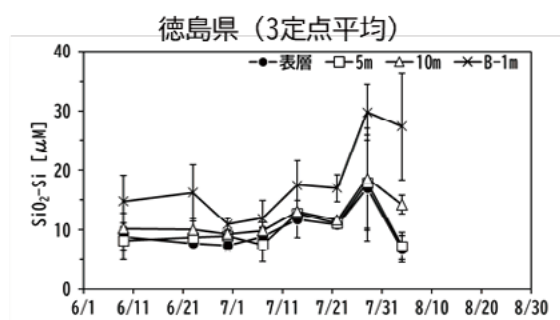
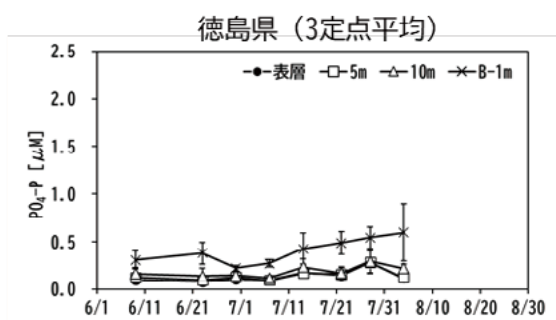
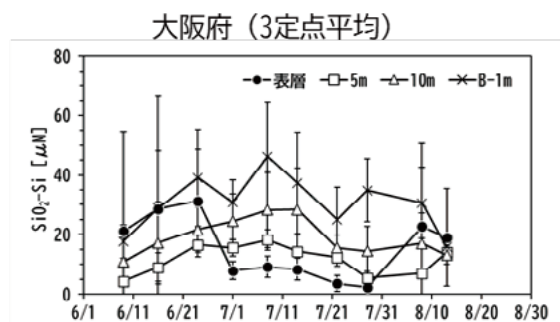
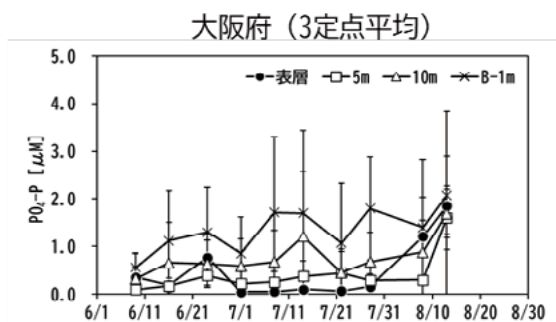
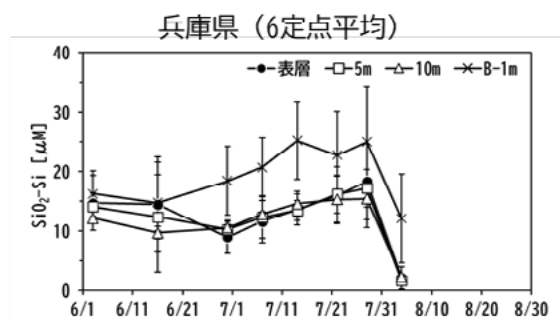
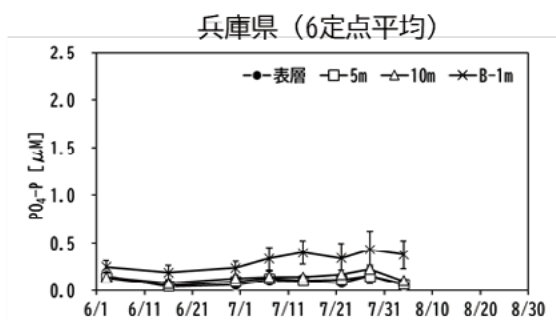
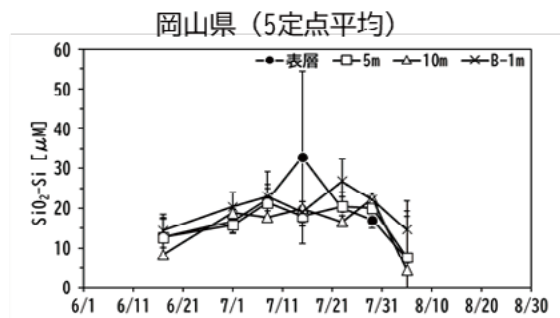
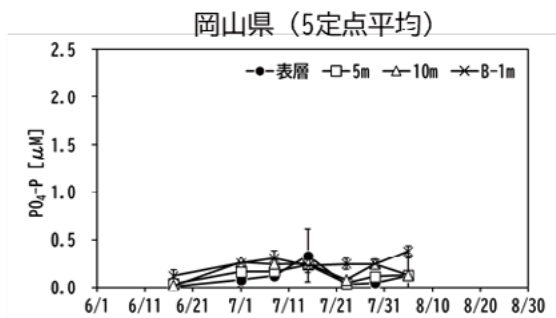


図15 PO₄-Pの変動

図16 SiO₂-Siの変動

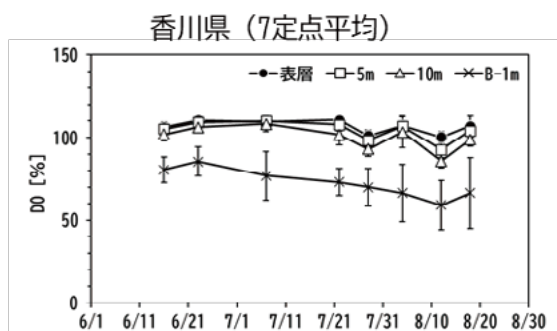
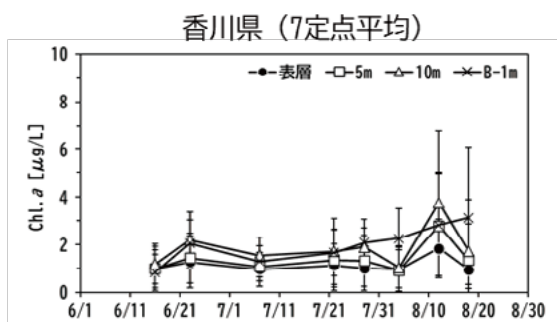
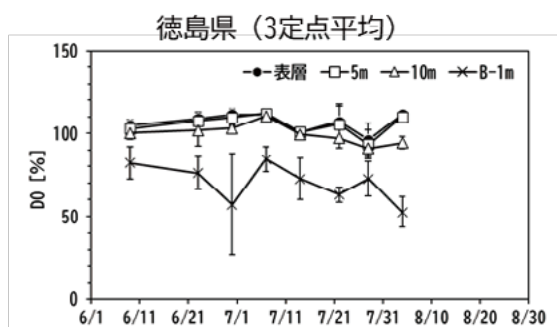
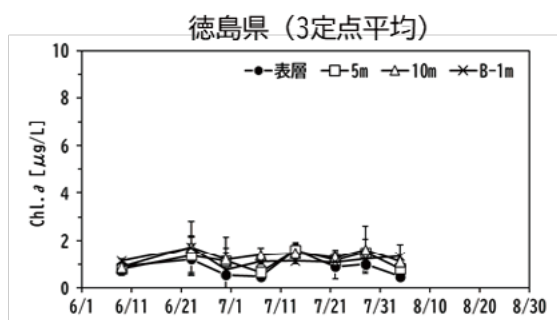
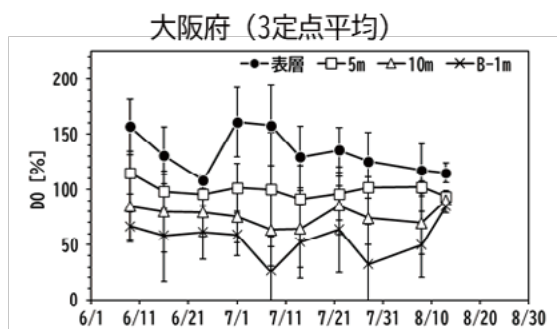
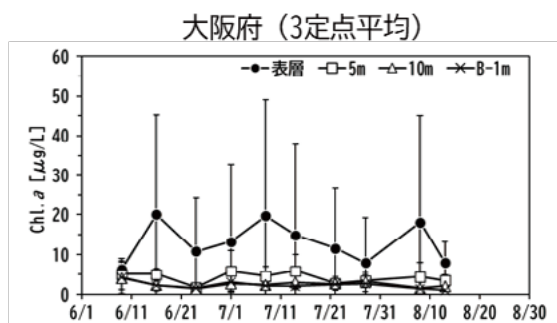
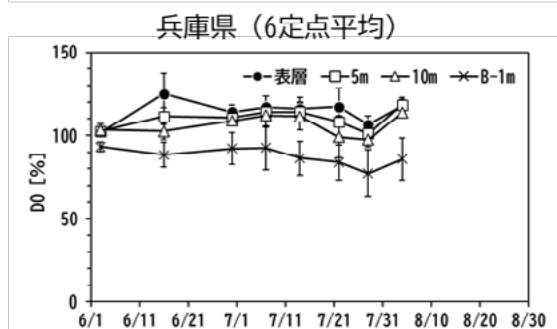
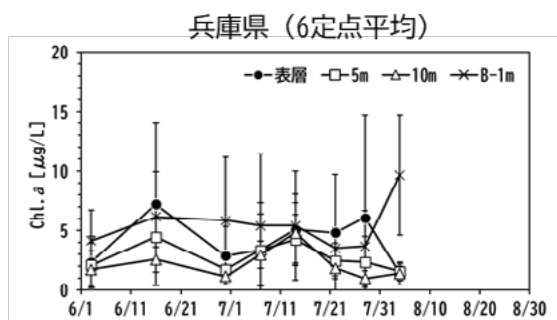
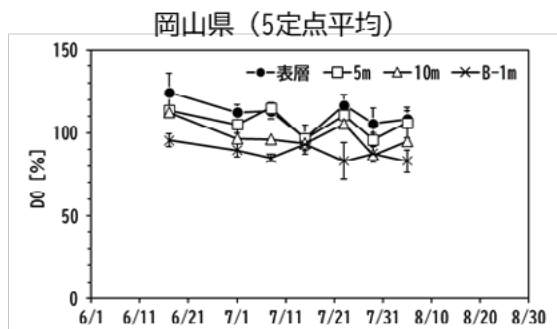
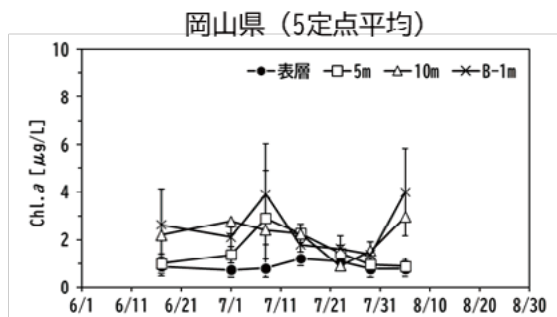


図17 クロロフィルaの変動

図18 DOの変動

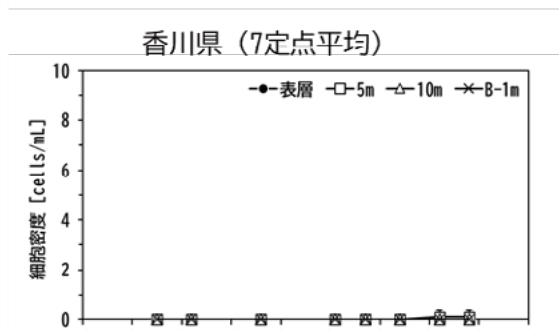
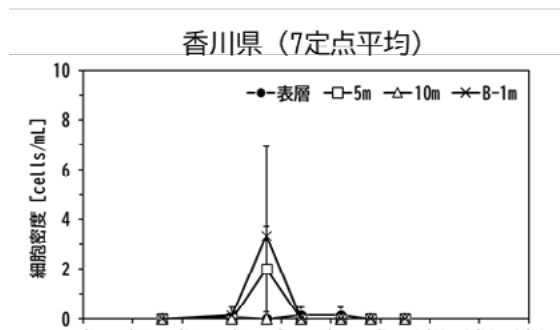
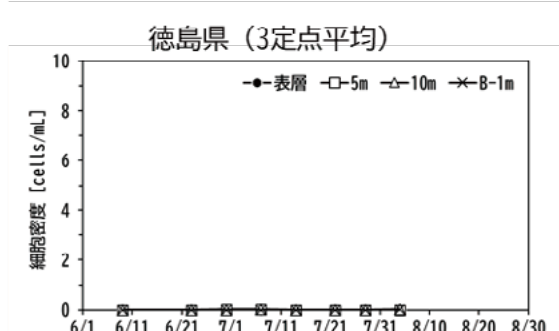
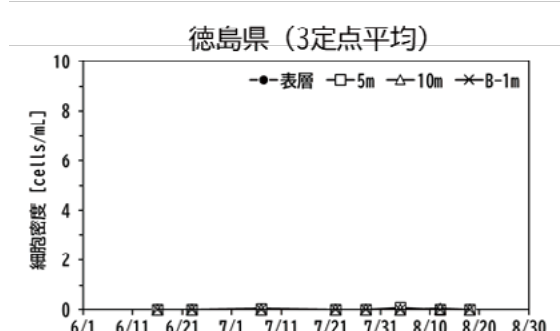
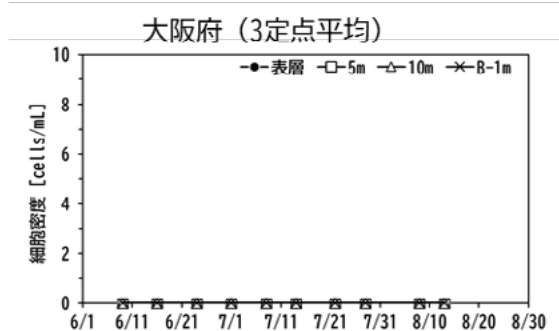
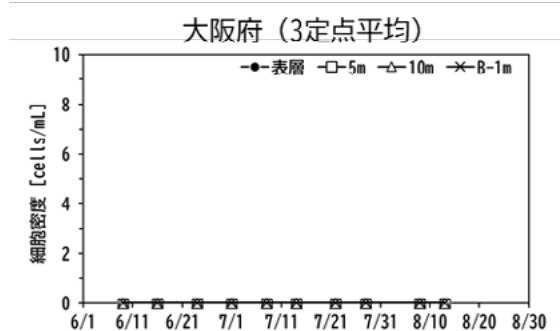
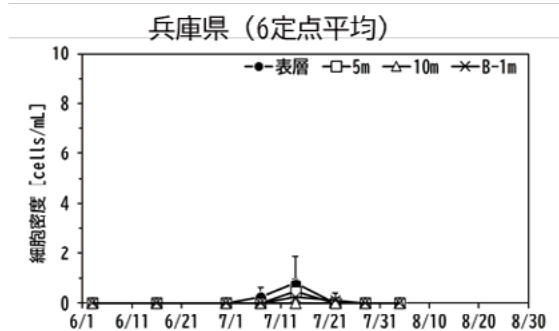
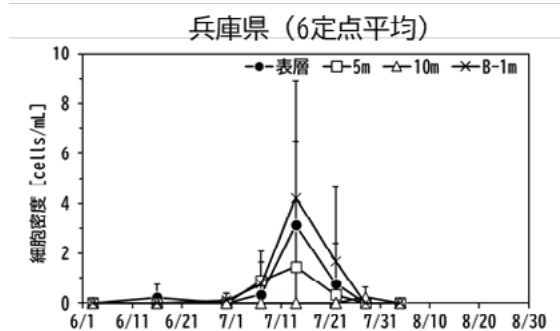
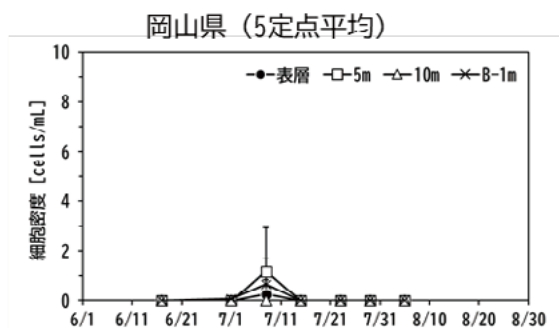
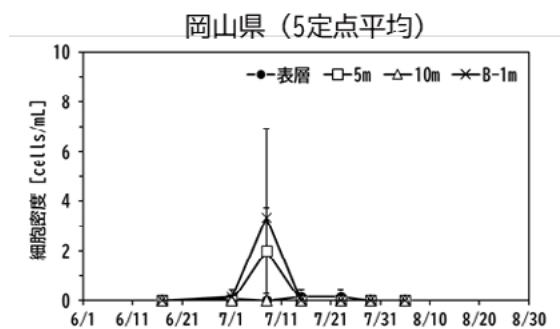


図19 *Chattonella antiqua* + *C. marina* の細胞密度の推移

図20 *Chattonella ovata* の細胞密度の推移

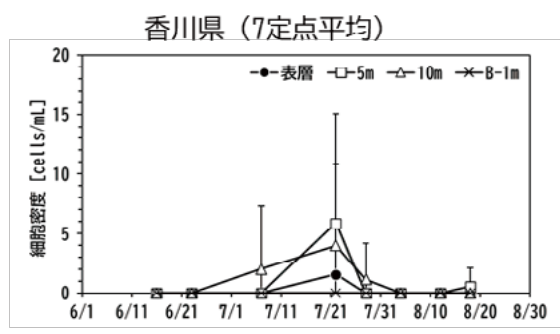
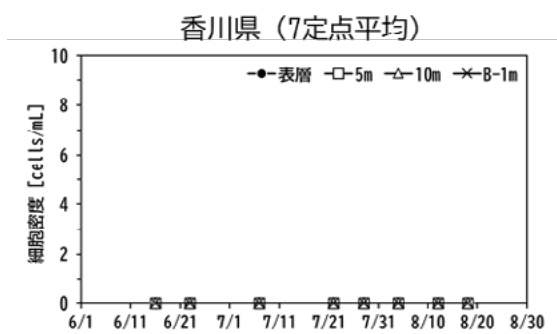
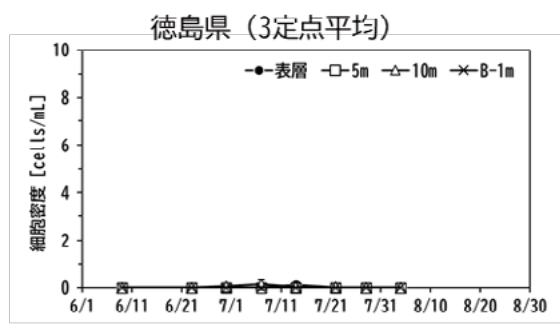
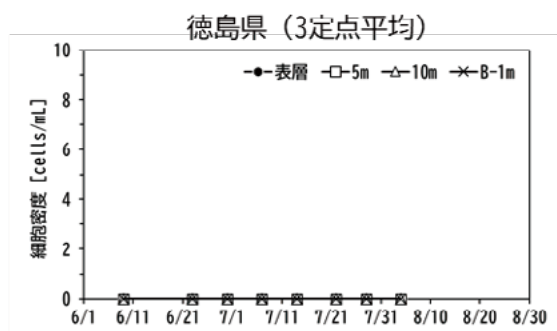
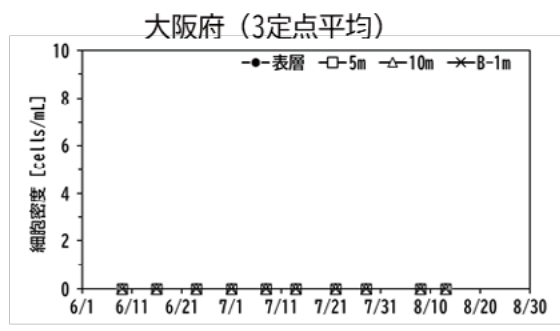
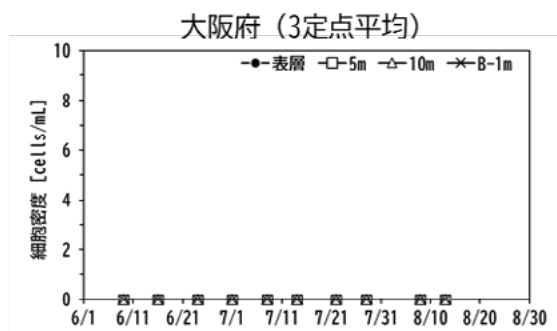
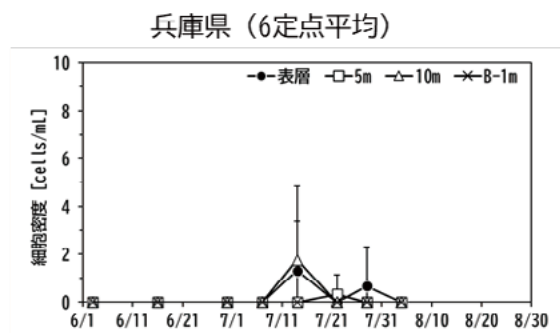
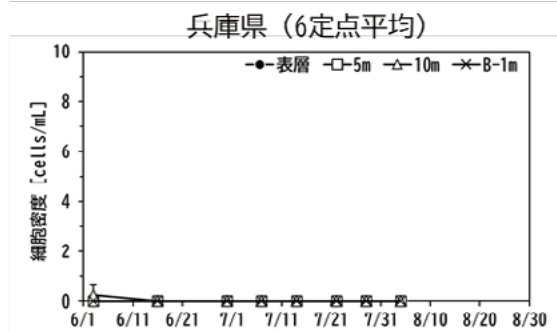
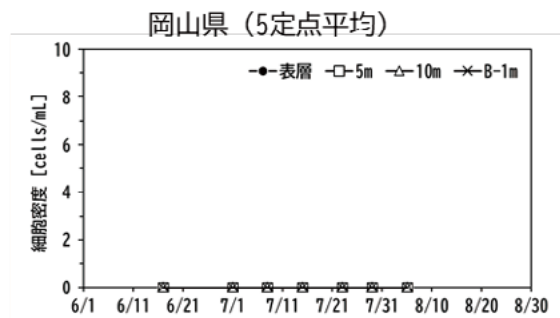
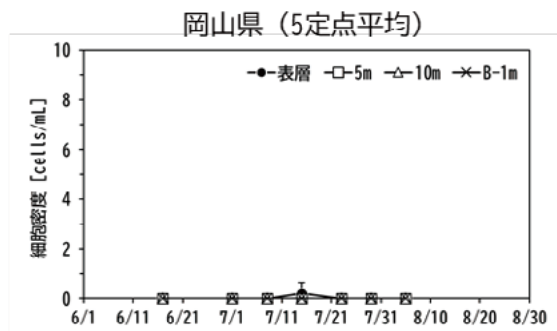


図21 *Karenia mikimotoi*の細胞密度の推移

図22 *Margalefidinium polykrikoides*
(-*Cochlodinium polykrikoides*)の細胞密度の推移

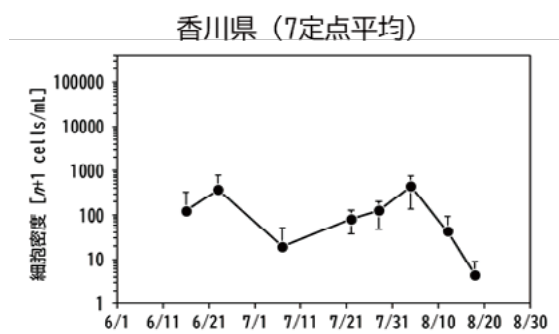
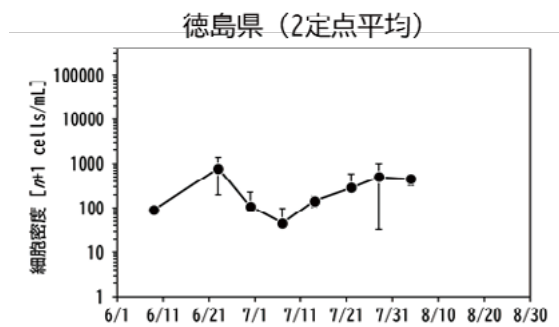
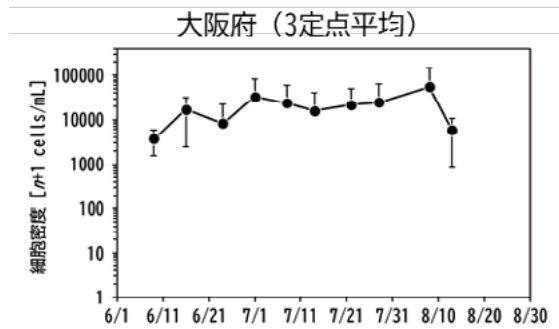
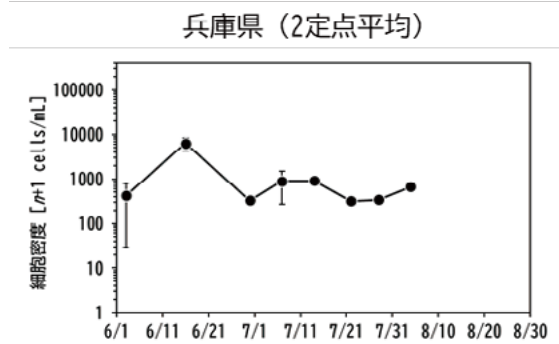
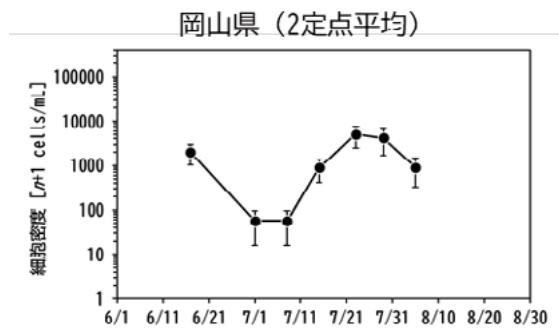


図23 珪藻類の細胞密度の推移

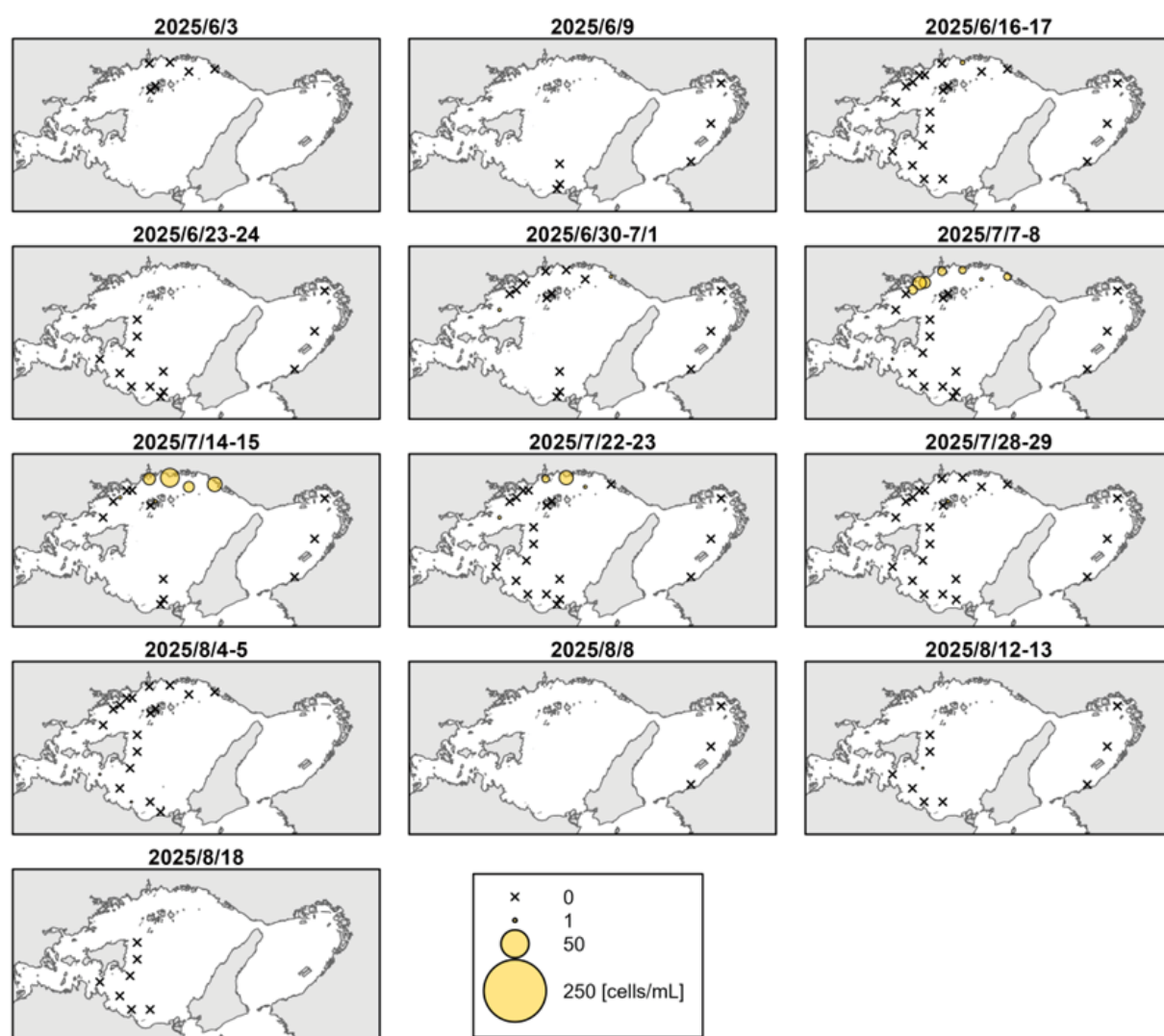


図24 夏季調査期間中の*Chattonella antiqua*+*C. marina*の細胞密度の水平分布
(各調査日、定点において最高細胞密度を記録した層のデータを示した)

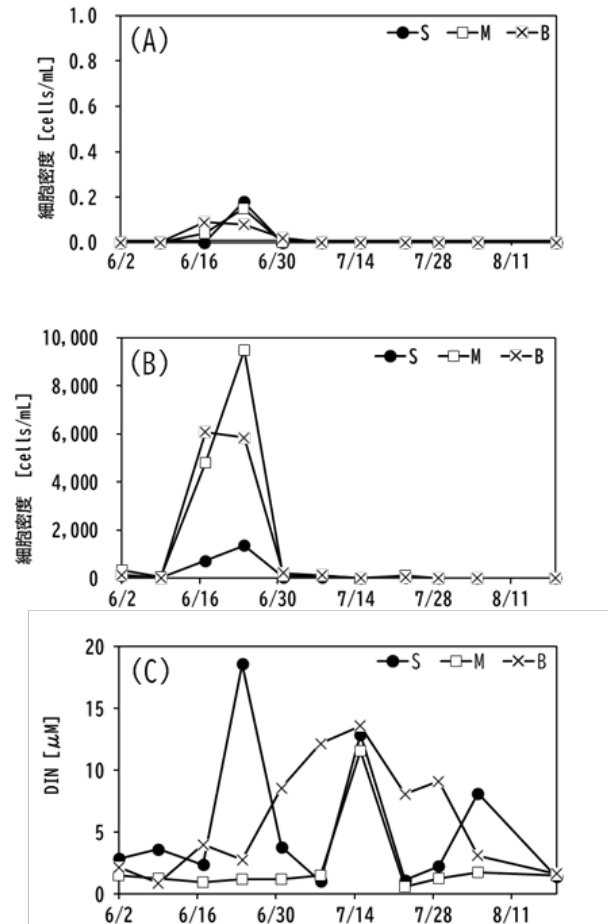


図25 2025年6月2日~8月19日の片上湾奥部における*Chattonella antiqua* + *C. marina*の細胞密度 (A) , 珪藻類の細胞密度 (B) およびDIN (C) の推移

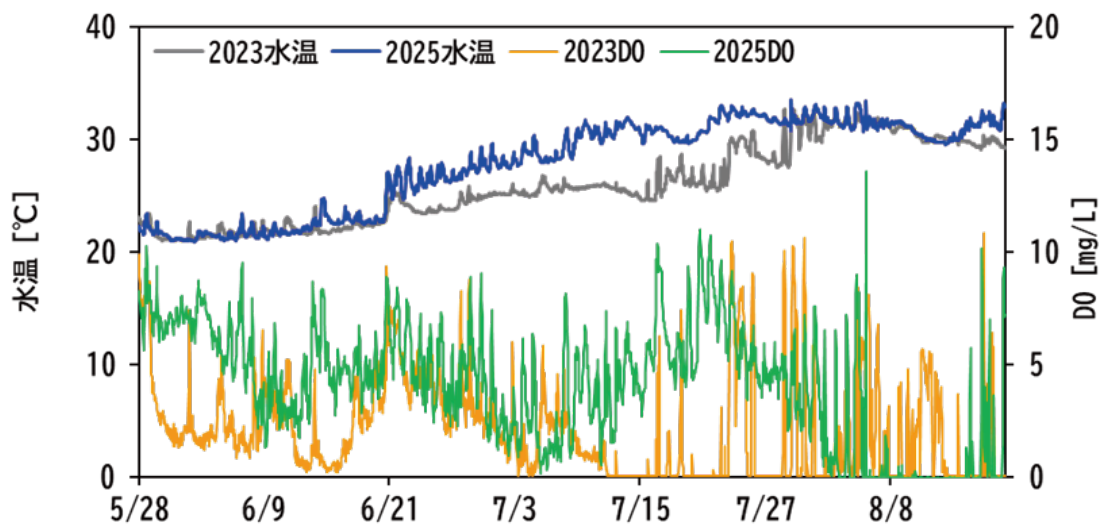


図26 2023年および2025年の片上湾奥底層における水温とDOの推移

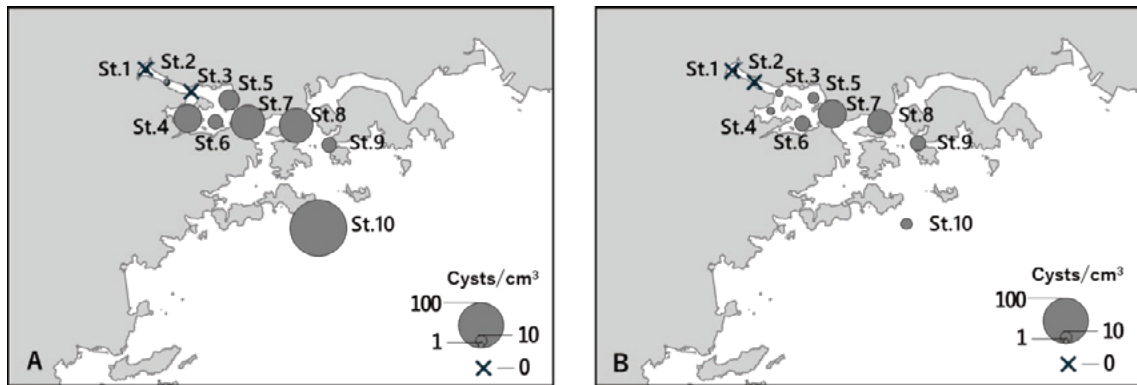


図27 2024年11月 (A) と2025年12月 (B) の片上湾における *Chattonella* spp. のシスト分布

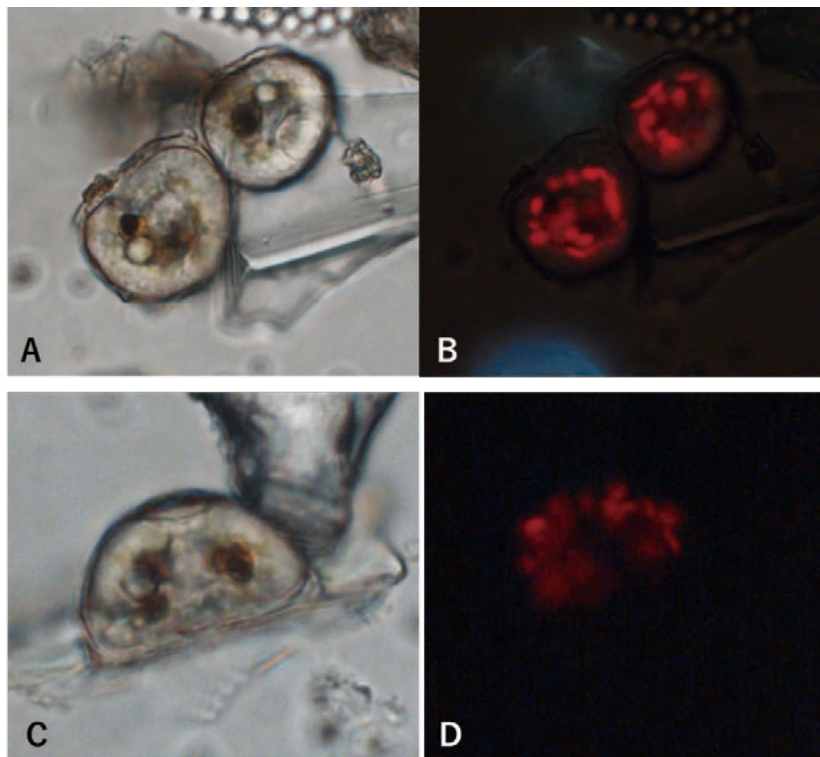


図28 観察された *Chattonella* 属シスト。A, B: 上方像, C, D: 側面像。
(A, C) 明視野観察, (B, D) 蛍光 (B励起) 観察

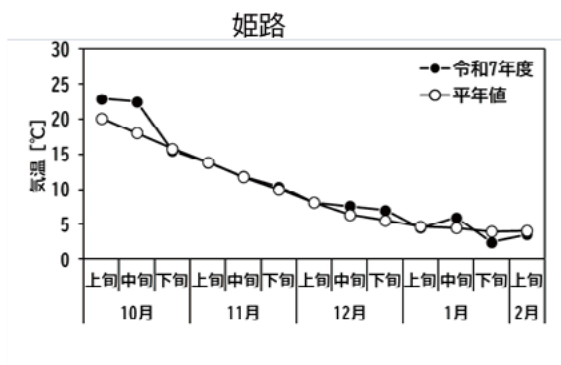


図29 気温の旬平均値の変動
(気象庁気象統計情報から引用)

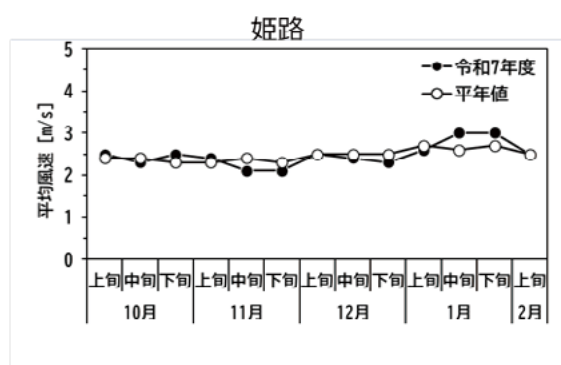


図30 日平均風速の旬平均値の変動
(気象庁気象統計情報から引用)

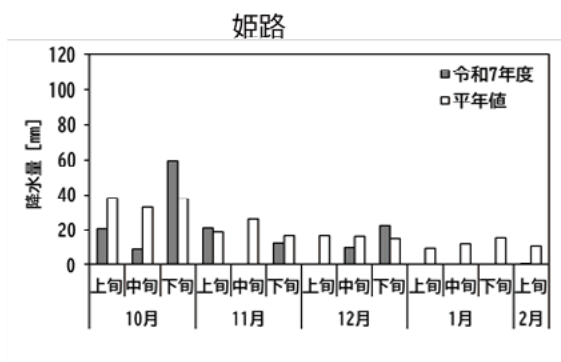


図31 降水量の旬合計値の変動
(気象庁気象統計情報から引用)

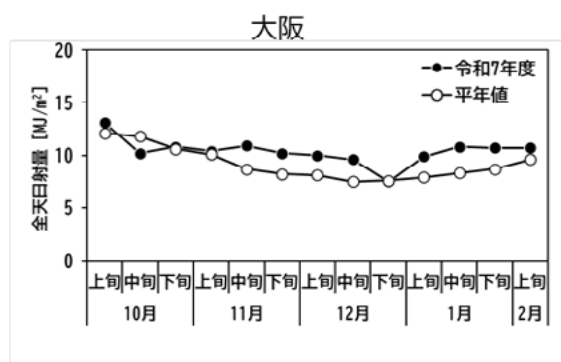


図32 全天日射量の旬平均値の変動
(気象庁気象統計情報から引用)

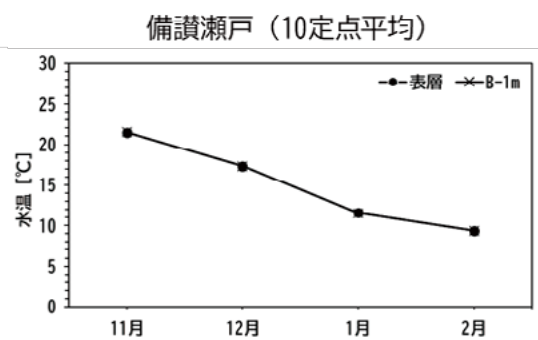
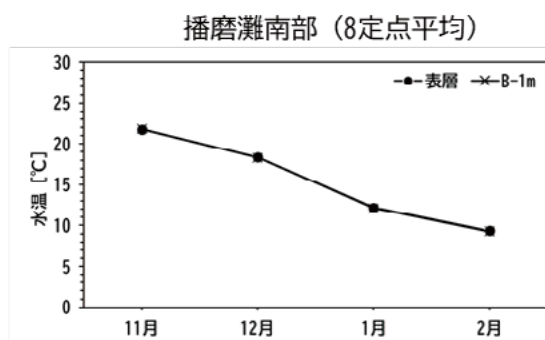
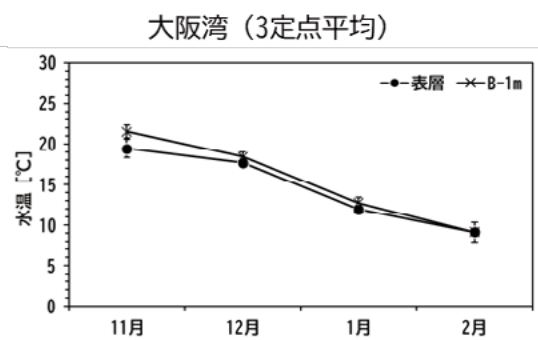
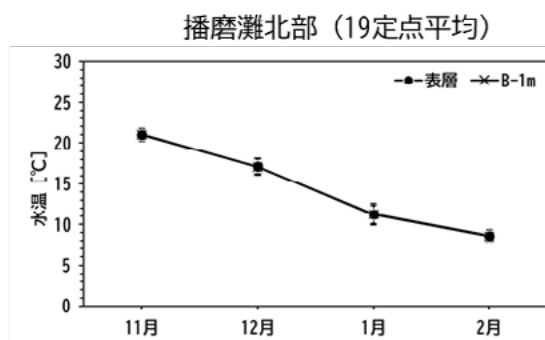


図33 水温の変動

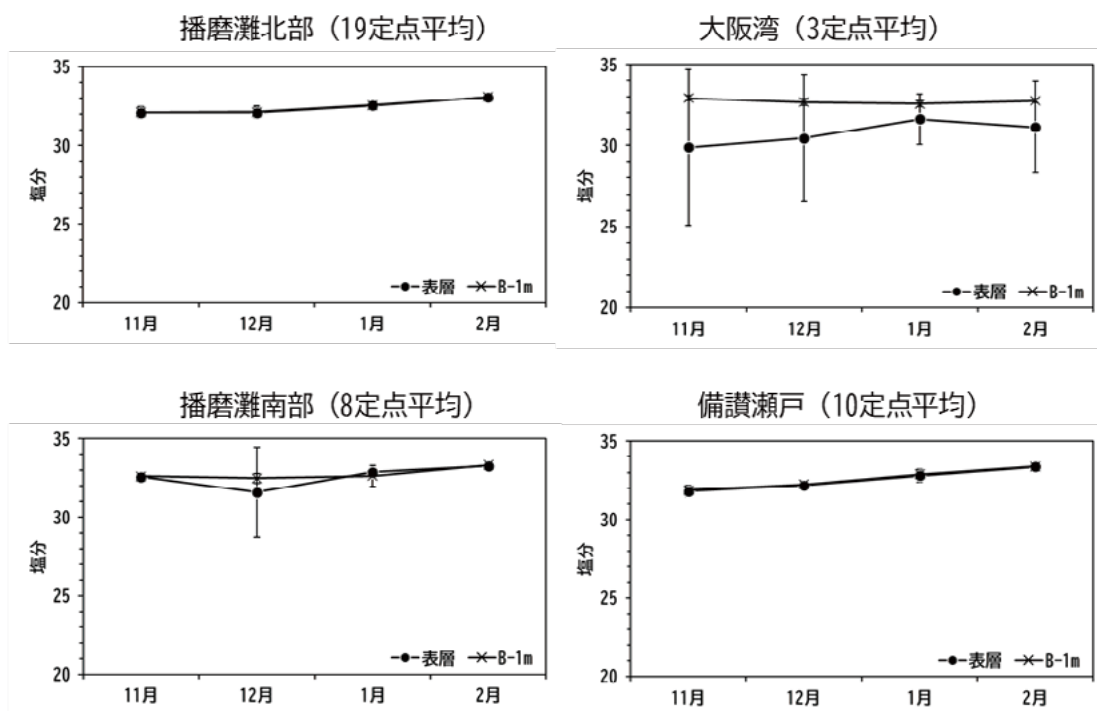


図34 塩分の変動

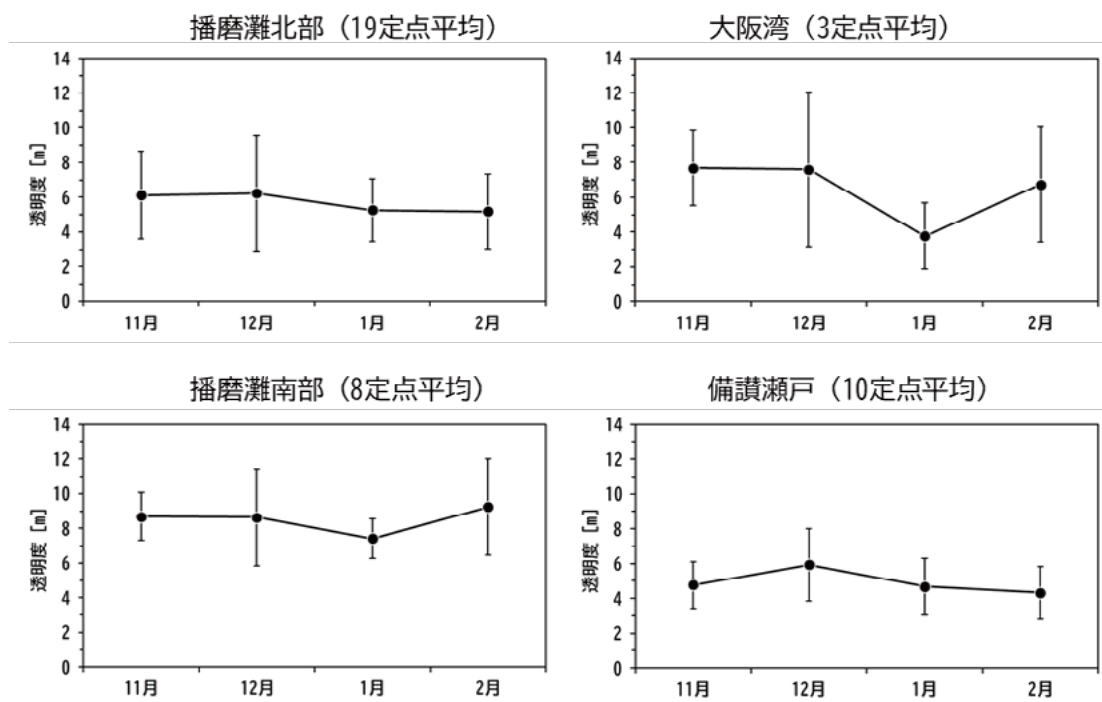


図35 透明度の変動

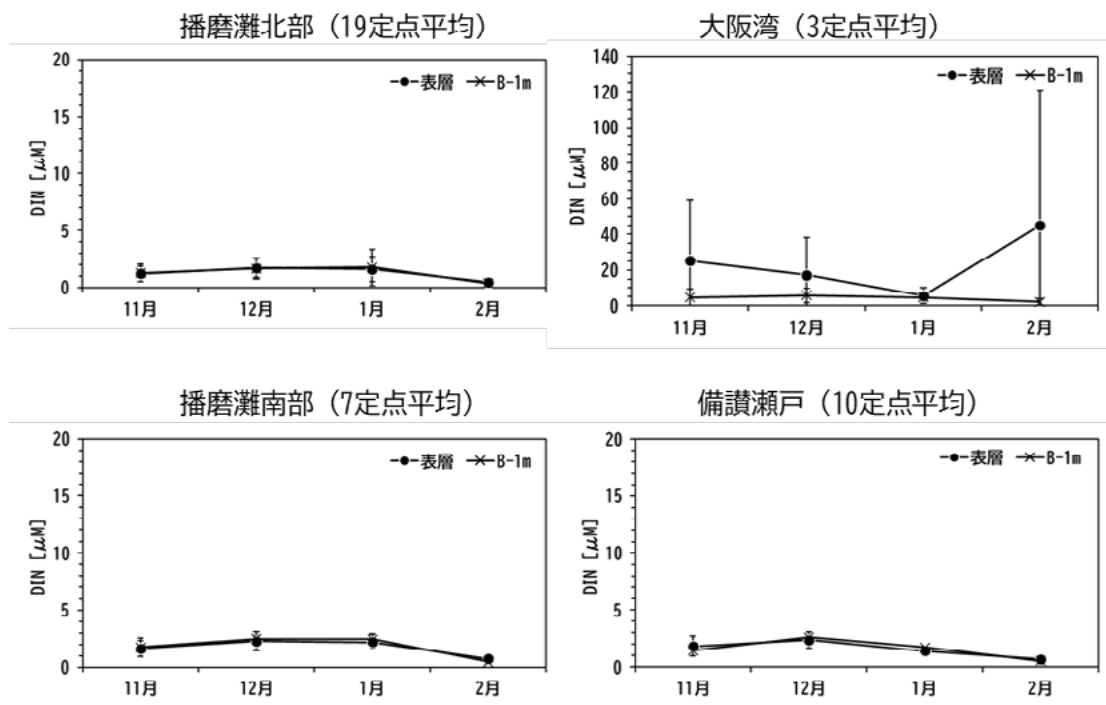


図36 DINの変動

※播磨灘南部のB-1 mのうち11-1月は3定点平均, 2月は5定点平均
 備讃瀬戸のB-1 mのうち11-1月は4定点平均, 2月は5定点平均
 以下, $\text{PO}_4\text{-P}$ と $\text{SiO}_2\text{-Si}$ も同じ。

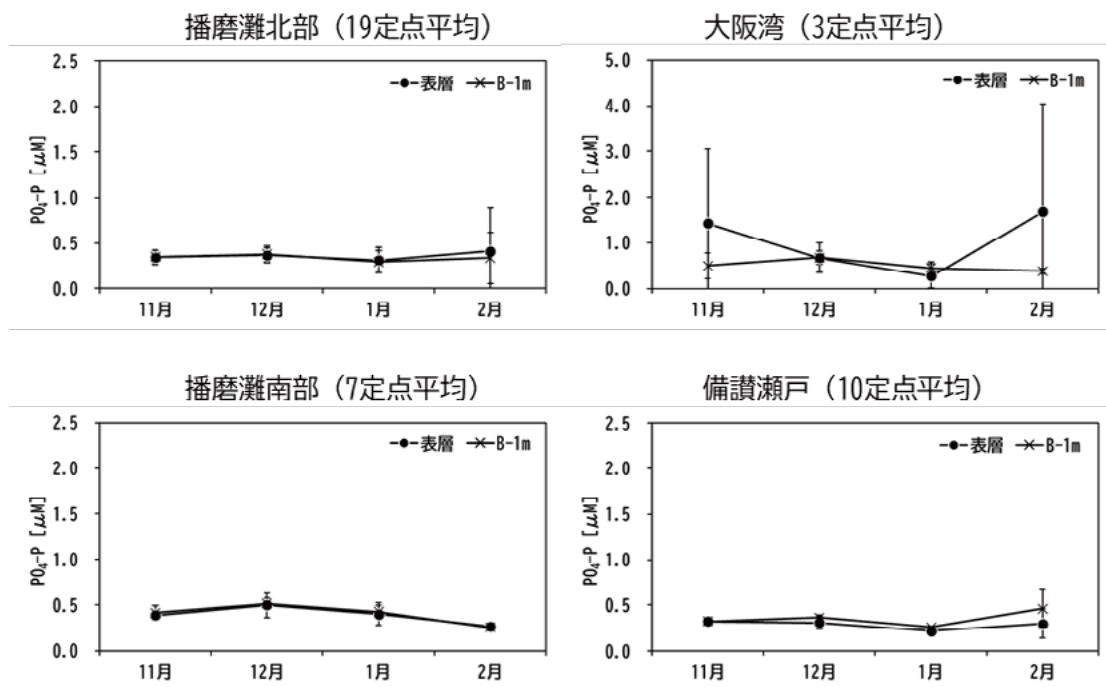


図37 $\text{PO}_4\text{-P}$ の変動

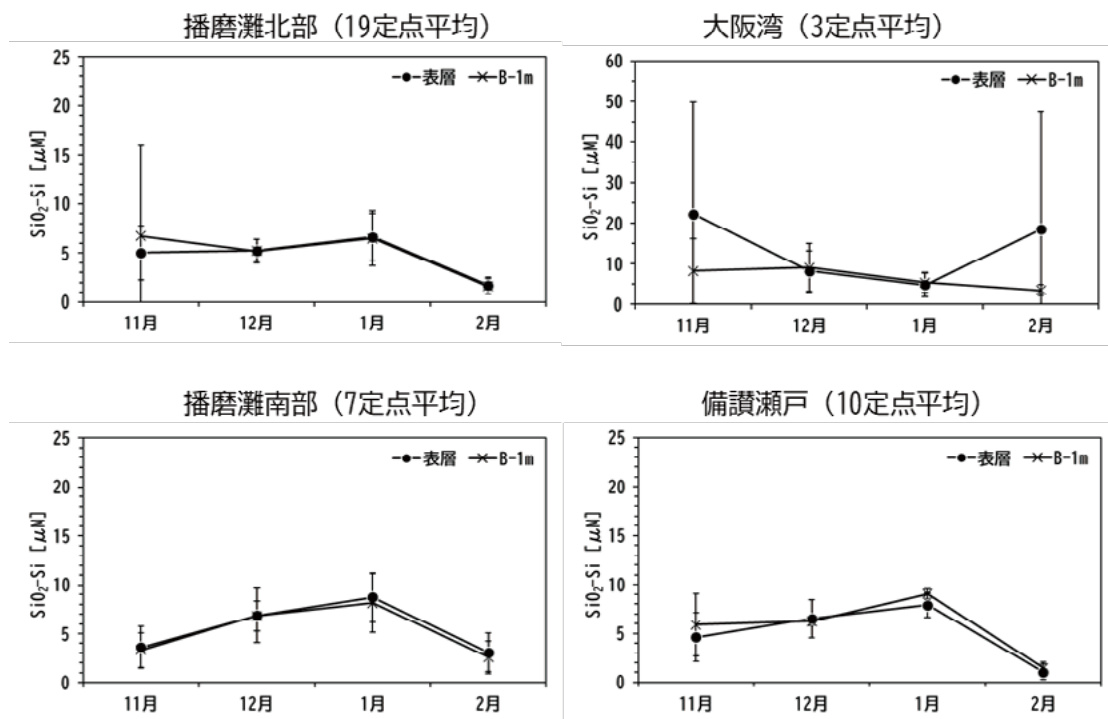


図38 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の変動

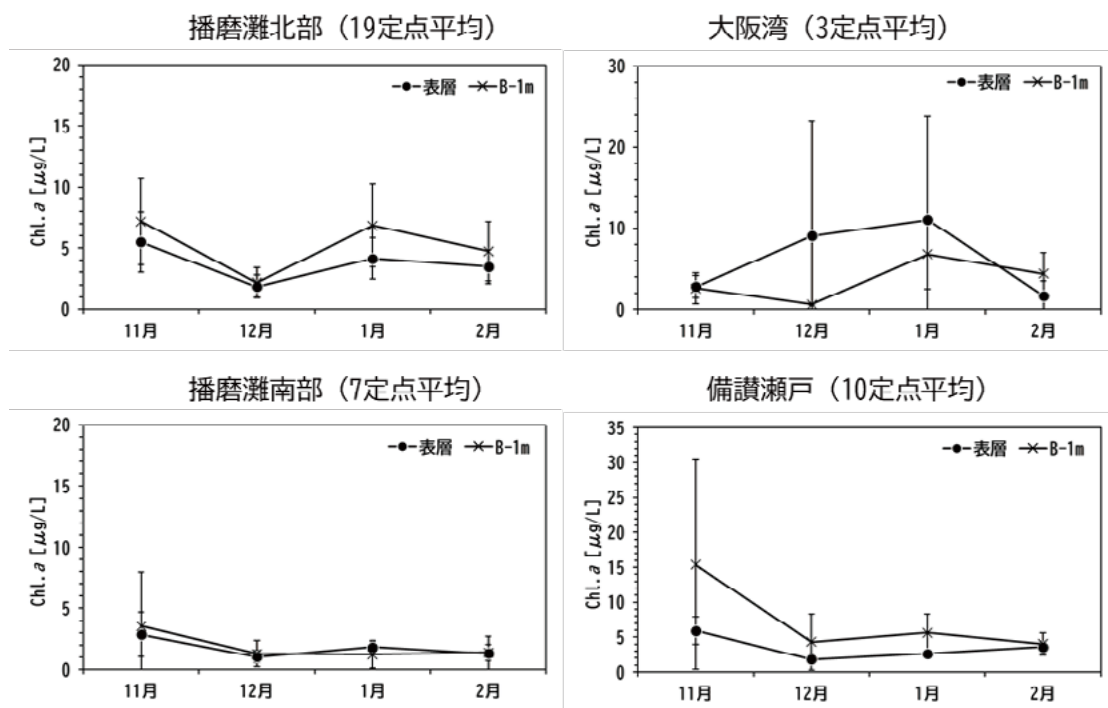


図39 クロロフィル*a*の変動

※播磨灘南部のB-1 mは3定点平均,, 備讃瀬戸のB-1 mは4定点平均

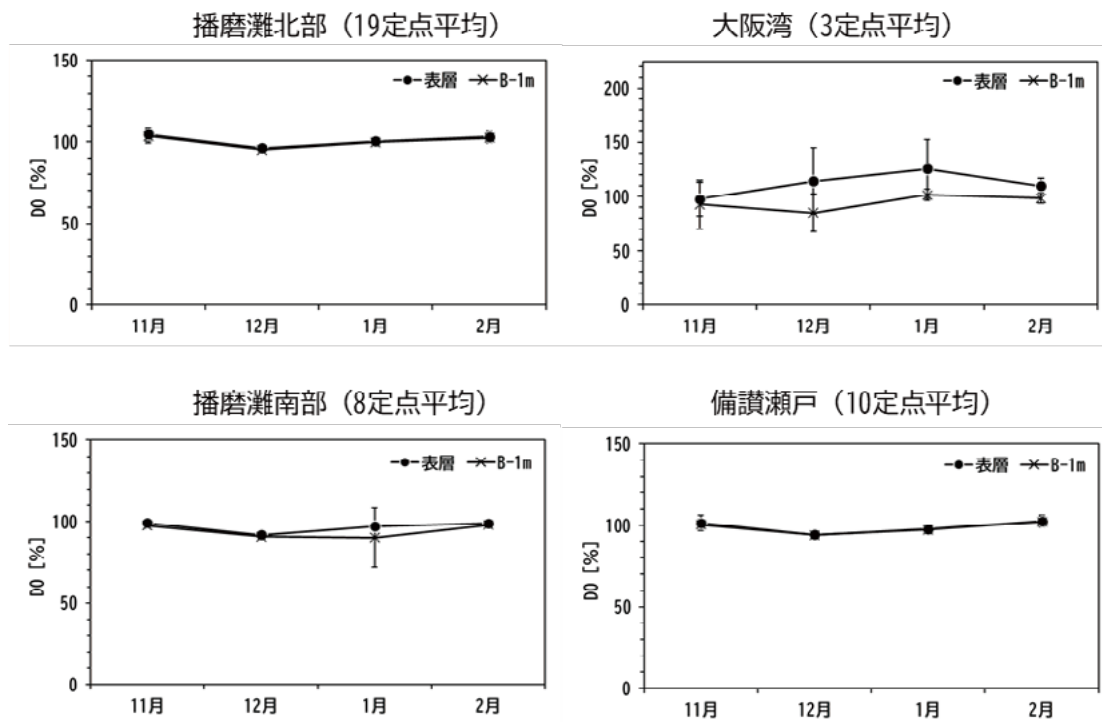


図40 DOの変動

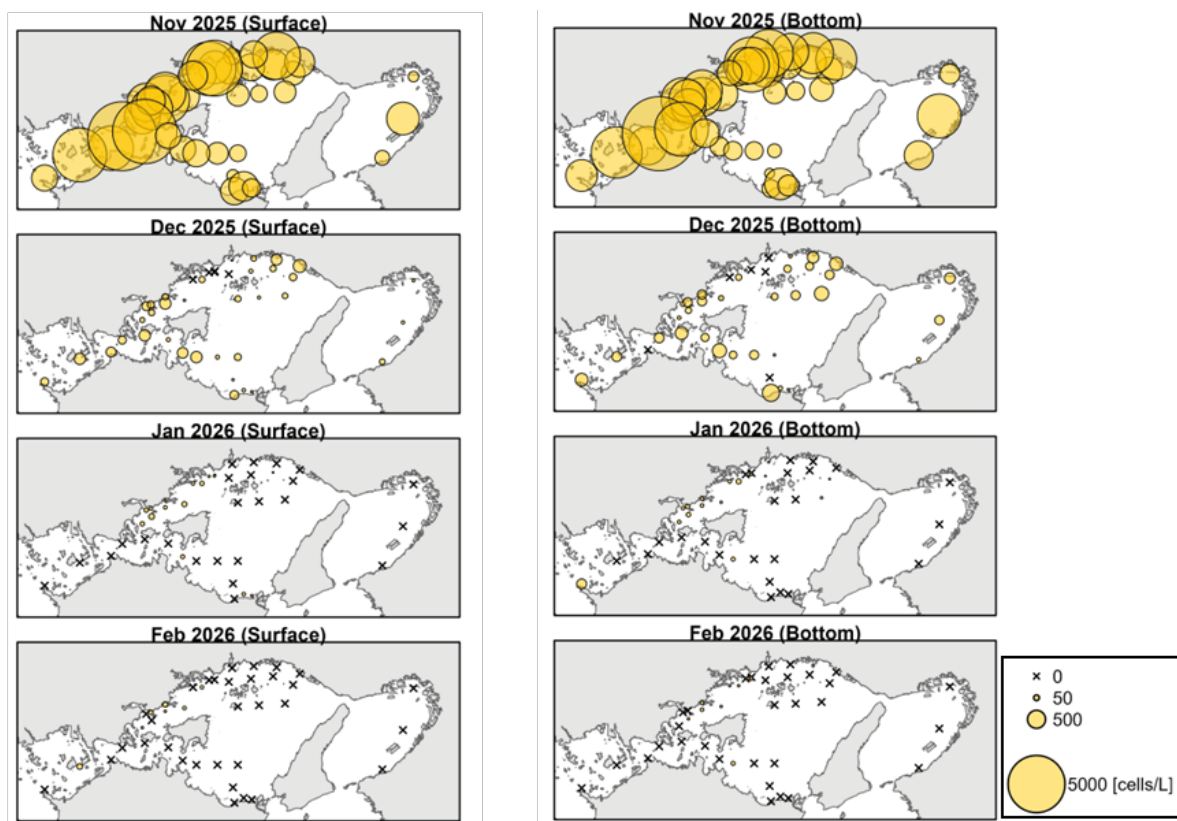


図41 2025年漁期における*Coscinodiscus wailesii*の細胞密度の水平分布

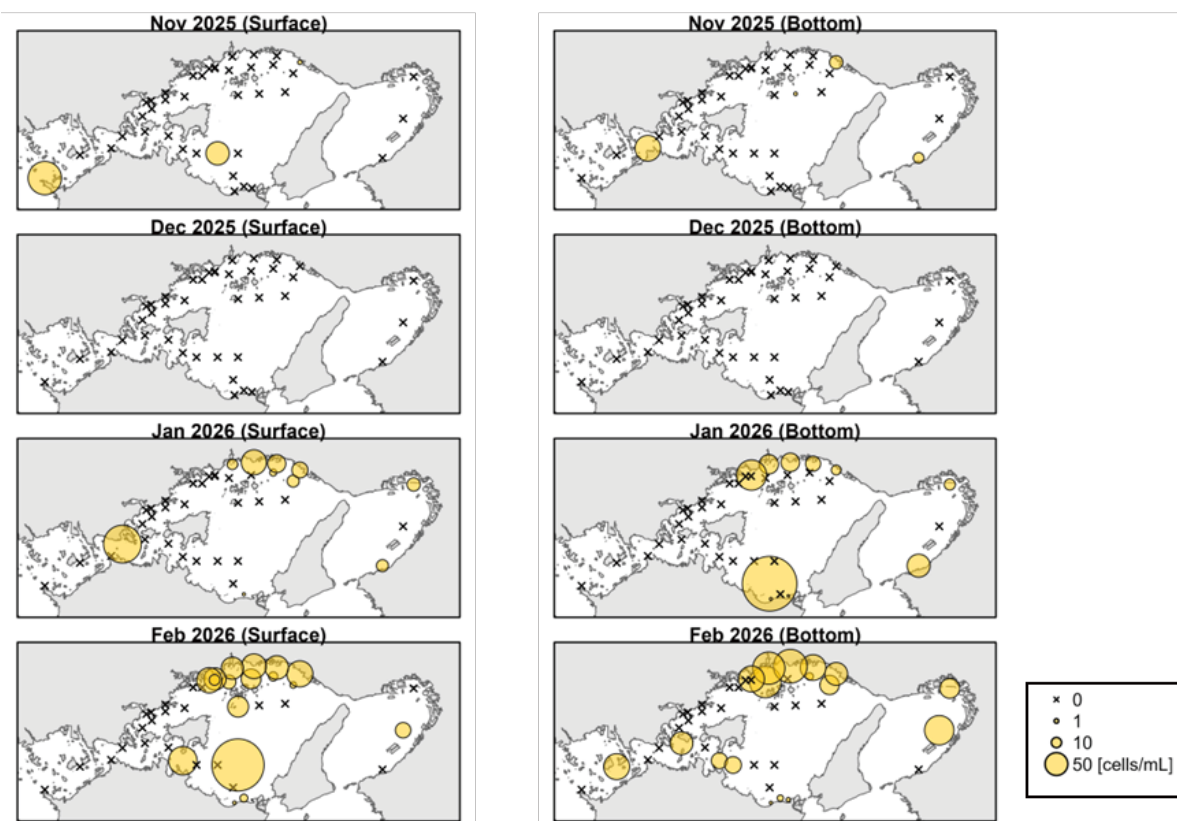


図42 2025年漁期における*Eucampia zodiacus*の細胞密度の水平分布

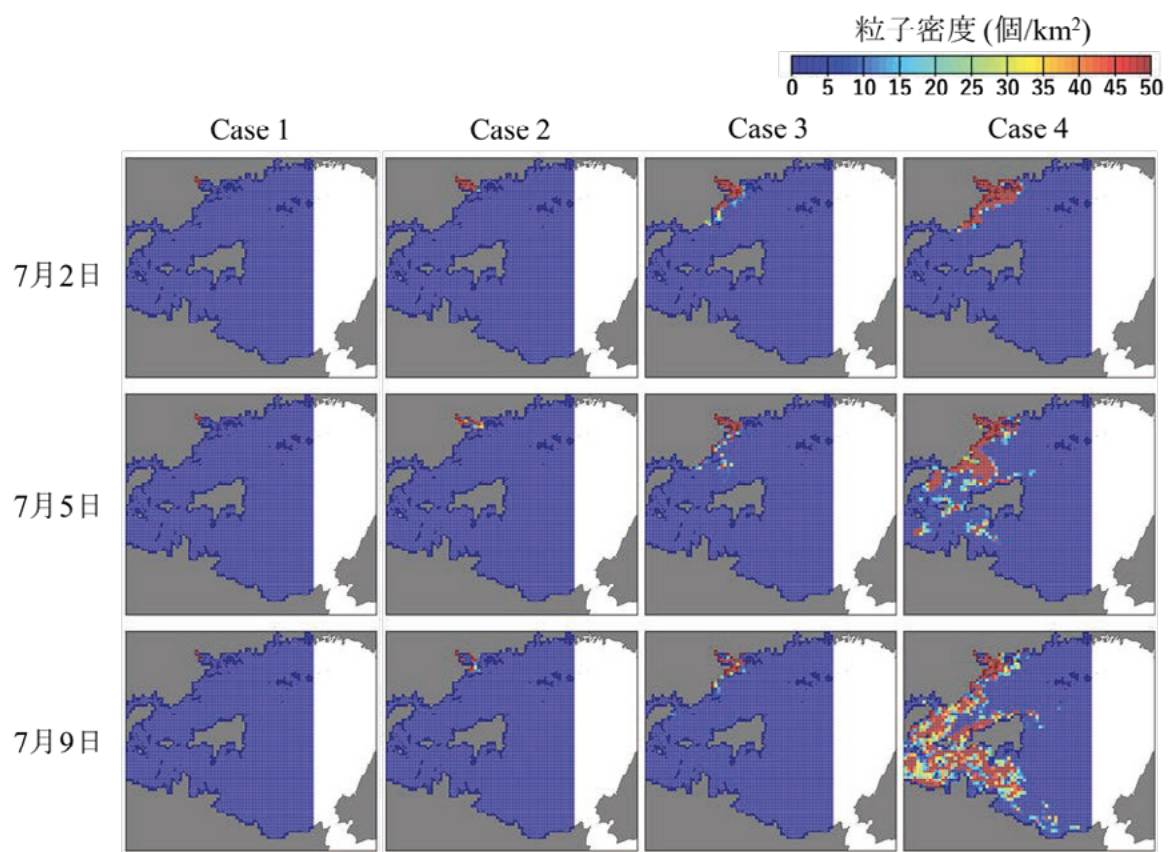


図43 粒子追跡結果

表4 シャットネラ赤潮の判別予察・結果。予察の的の中については、予察と結果が一致した場合を「◎」，「△」と予察して発生した場合を「○」，「△」と予察して非発生の場合を「△」，予察と結果が一致なかった場合を「×」と表す。

広域 湾・瀬	小海域	解析手法	説明変数	説明変数 の数	教師データ期間 (年)	2025年 予察 結果 的中		
播磨灘	北西部 (岡山沖)	マハラノビス距離 (早期予察)	5月塩分(St.2-0.5m層) 5月水温(St.2-0.5m層) 6月DIN(St.2-0.5m層)	3	2008-2023	△	×	△
		マハラノビス距離 (直前予察)	5月塩分(St.2-0.5m層) 5月水温(St.2-0.5m層) 7月水温(St.2-B-1m層)	3		×	×	◎
	北東部 (兵庫沖)	線形判別 (早期予察)	5月表層水温 5月底層水温 6月珪藻細胞密度	3	1999-2014 (2012年は除く)	○	×	×
		線形判別 (直前予察)	5月表層水温 5月底層水温 7月珪藻細胞密度	3	1999-2014 (2012年は除く)	×	×	◎
	南東部 (徳島沖)	マハラノビス距離	6月栄養塩(St.4, 10m層) 6月表層水温(St.4, 1m層)	2	1999-2021	×	×	◎
		マハラノビス距離	7月上旬珪藻細胞数(St.4, 0-5m層) 6月表層水温(St.4, 5m層)	2		×	×	◎
		マハラノビス距離	5月降水量(徳島)	1	1999-2014	○	×	×
	南西部 (香川沖)	マハラノビス距離 (早期予察)	5月塩分(表層) 5月PO ₄ -P(表層)	2	1999-2014	×	×	◎
		マハラノビス距離 (直前予察)	5月降水量(引田) 6月PO ₄ -P(表層) 7月珪藻細胞密度	3	1999年から予察対象年 の前年まで	△	×	△
		フローチャート	6月シャットネラ細胞数	1		×	×	◎
大阪湾	大阪沖	線形判別	6月下-7月上旬日照時間(大阪) 7月水温(10m層)	2	1999-2014	○	×	×
		線形判別	7月水温(10m層) 5-6月降水量(大阪)	2		△	×	△
		線形判別	5-6月降水量(大阪) 6月下-7月上旬日照時間(大阪)	2		○	×	×
		線形判別	5-6月降水量(大阪) 6月下-7月上旬日照時間(大阪)	2	1999年から予察対象年 の前年まで	△	×	△

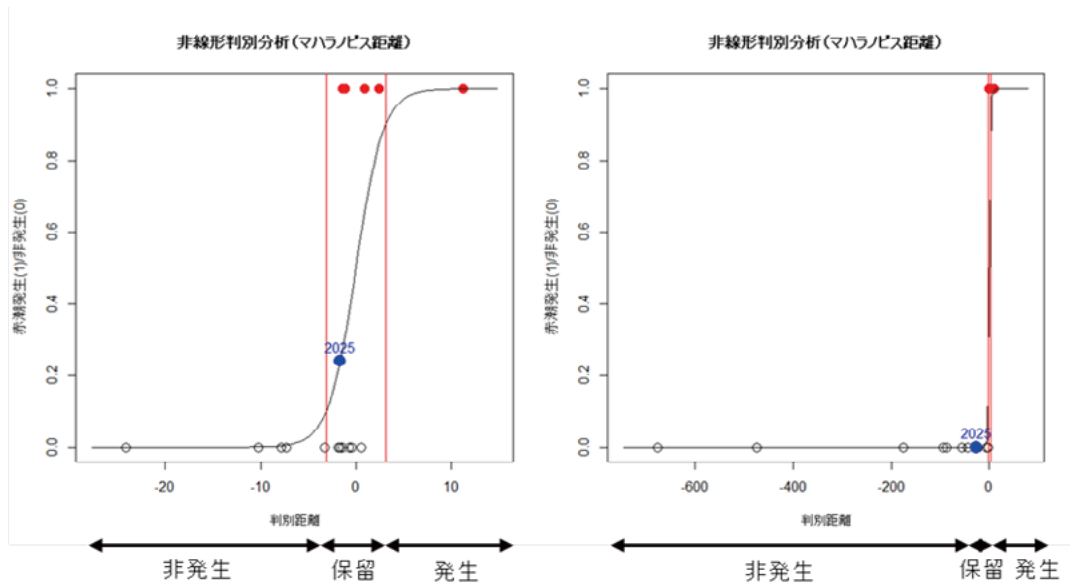


図44 岡山県播磨灘海域におけるシャットネラ赤潮の発生予察結果。左：予察モデル①，右：予察モデル②。青丸が2025年の予察結果を示す。

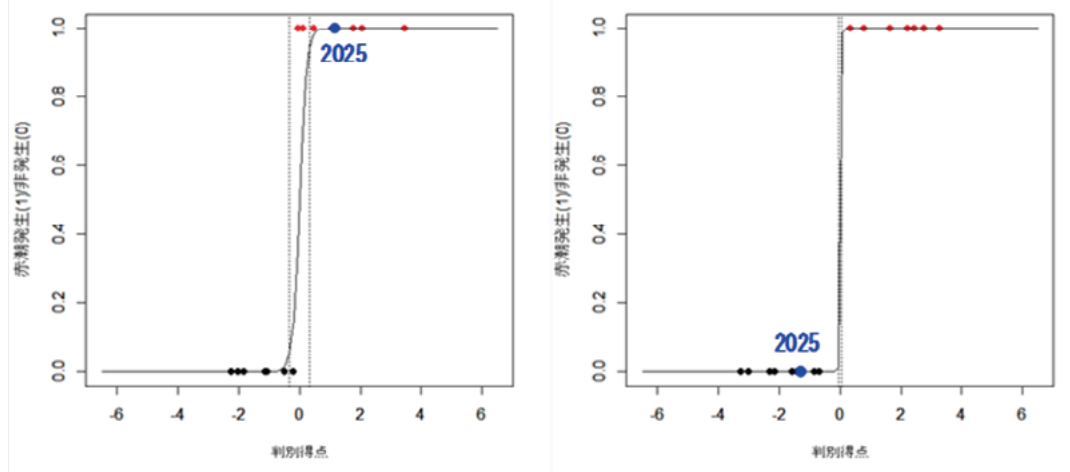


図45 兵庫県播磨灘海域におけるシャットネラ赤潮の発生予察結果。左：早期予察，右：直前予察。青丸が2025年の予察結果を示す。

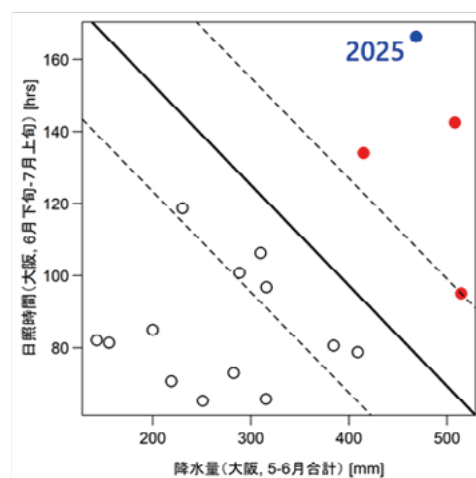


図46 大阪府海域におけるシャットネラ赤潮の発生予察結果。降水量と日照時間による予察。青丸が2025年の予察結果を示す。

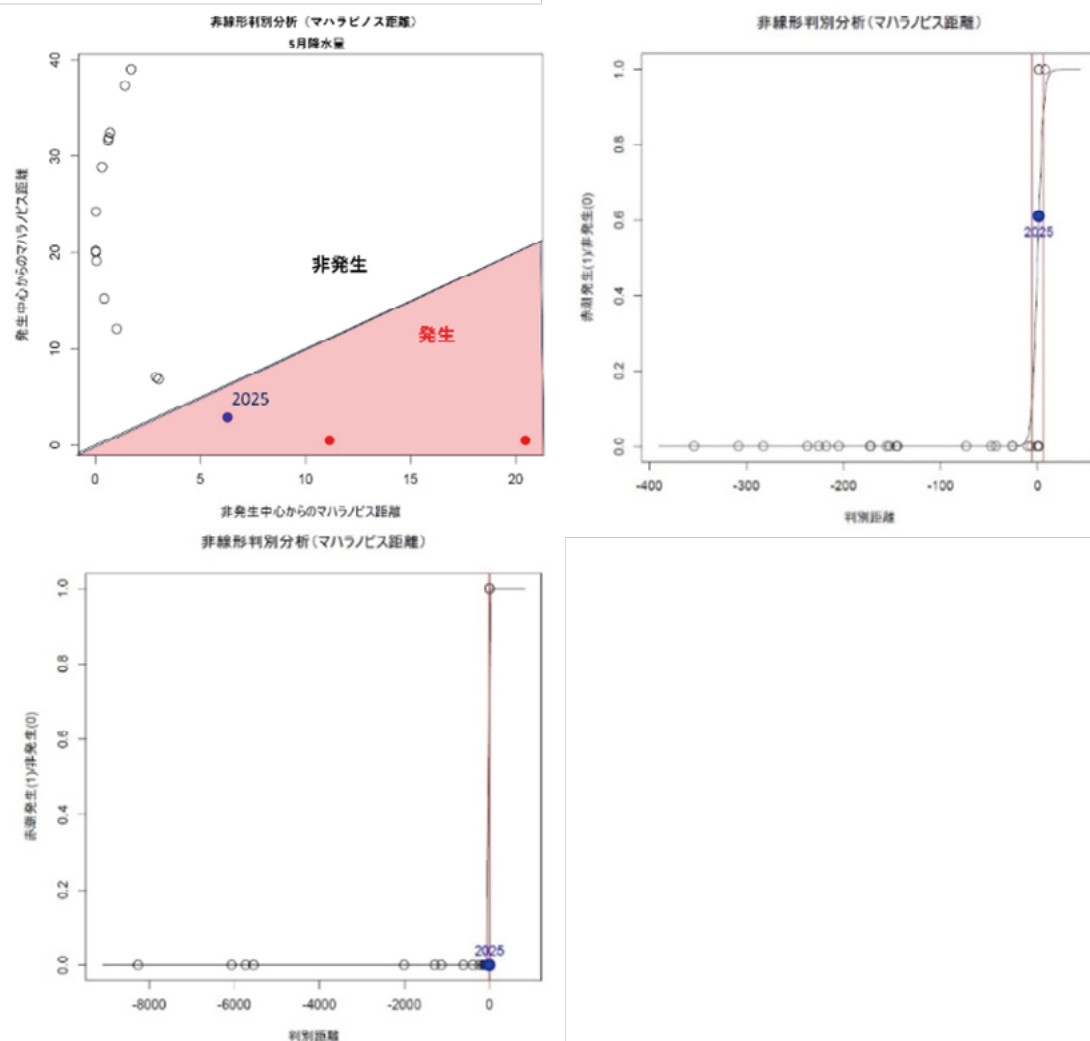


図47 徳島県海域におけるシャットネラ赤潮の発生予察結果。左上：予察モデル①,右上：予察モデル②, 左下：予察モデル③。赤丸が発生年, 白丸が非発生年, 青丸が2025年を表す。

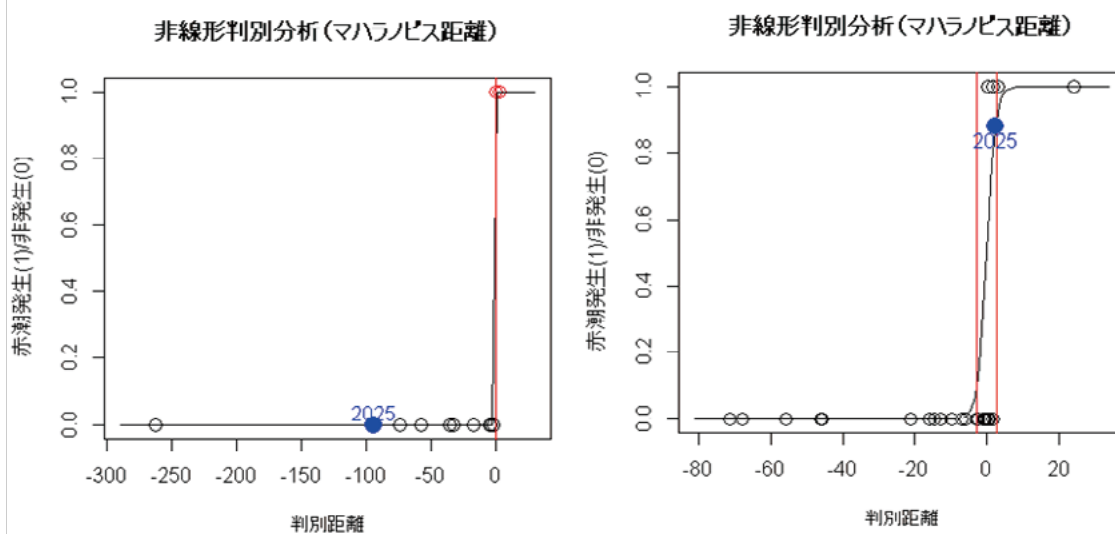


図48 香川県海域におけるシャットネラ赤潮の発生予察結果。左：早期予察, 右：直前予察。青丸が2025年の予察結果を示す。

表5 ユーカンピア赤潮の判別予察・結果。発生含有率は「○」「△」「×」と判別されたうち発生年の含まれた割合を、括弧内の分母は「○」「△」「×」と判別された母数を、分子はユーカンピア赤潮発生回数を示す。予察の的中については、予察と結果が一致した場合を「◎」，「△」と予察して発生した場合を「○」，「△」と予察して非発生の場合を「△」，予察と結果が一致しなかった場合を「×」と表す。

海域	判別手法	目的変量	説明変量	説明変数の数	判別期間(年)	発生含有率(%)			2024年		
						○	△	×	予察	結果	的中
岡山県 (播磨灘)	マハラノビス距離	1～2月の赤潮発生 or 局所発生	11月 底層水温 11月 クロロフィルa濃度 1月 クロロフィルa濃度	3	2011～ 2021	100 (3/3)	25 (1/4)	20 (1/5)	×	×	◎
岡山県 (備讃瀬戸)	線形判別分析	1～2月の赤潮発生 or 局所発生	12月 日照時間(岡山) 12月 PO ₄ -P(B-1m) 1月 水温(B-1m)	3	2005～ 2015	100 (3/3)	50 (3/6)	0 (0/3)	△	×	△
	マハラノビス距離	1～2月の赤潮発生 or 局所発生	1月 水温(B-1m) 1月 SiO ₂ -Si(B-1m)	2	2005～ 2015	100 (0/0)	86 (6/7)	20 (1/5)	×	×	◎
兵庫県 (播磨灘)	マハラノビス距離	1～2月の大量発生 or 局所発生	11月 N/P比 1月 PO ₄ -P	2	2005～ 2015	100 (7/7)	—	0 (0/4)	○	×	×
	マハラノビス距離	3月の大量発生 or 局所発生	2月 最高細胞数 2月 日照時間 2月 PO ₄ -P	3	2005～ 2020	100 (6/6)	0 (0/0)	10 (1/10)	×	×	◎
徳島県 (播磨灘)	マハラノビス距離	2～3月の発生 or 局所発生	1月 北風風速合計値 1月 兵庫県沿岸の最高細胞密度	2	2005年から予察対象年の 前年まで				×	×	◎
香川県 (播磨灘)	線形判別分析	1～3月の赤潮発生 or 局所発生	12月 北風 12月 表層珪藻密度	2	2005～ 2015	100 (1/1)	25 (1/4)	0 (0/5)	×	×	◎
香川県 (備讃瀬戸)	線形判別分析	1～3月の赤潮発生 or 局所発生	11月 西風 12月 降水量	2	2005～ 2015	100 (4/4)	50 (2/4)	0 (0/3)	○	×	×
海域	判別手法	目的変量	説明変量	説明変数の数	判別期間(年)	発生含有率(%)			2024年11月		
						○	△	×	予察	結果	的中
大阪府	マハラノビス距離	(地場発生赤潮) 11～2月各月の 大量発生 or 局所発生	前月 透明度 前月 10m層の海水密度σ _t 前月 鉛直安定度(5m層σ _t -底層σ _t)	3	1996～ 2016 (11, 12, 1, 2月のみ)	57 (4/7)	13 (6/45)	0 (0/28)	×	×	◎
									2024年12月		
									予察	結果	的中
									×	×	◎
									2025年1月		
									予察	結果	的中
									×	×	◎
									2025年2月		
									予察	結果	的中
									○	×	×

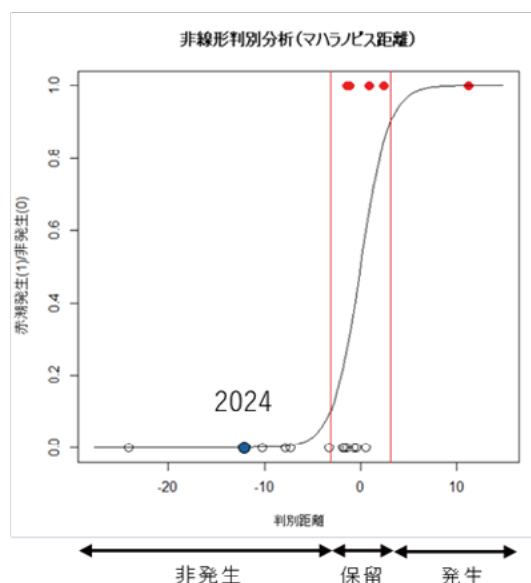


図19 岡山県海域におけるユーカンピア赤潮の発生予察結果。青丸が2024年の予察結果（非発生）を表す。

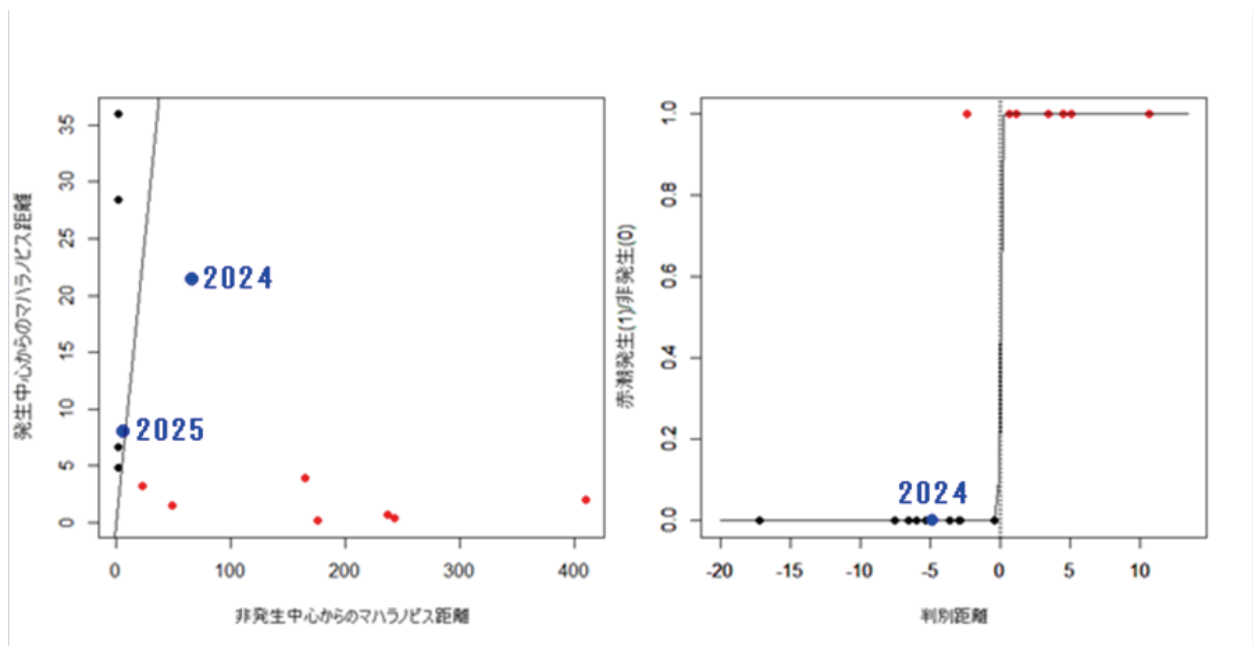


図50 兵庫県海域におけるユーカンピア赤潮の発生予察結果。（左図：1～2月予察，右図：3月予察）。青丸が予察結果を示す。

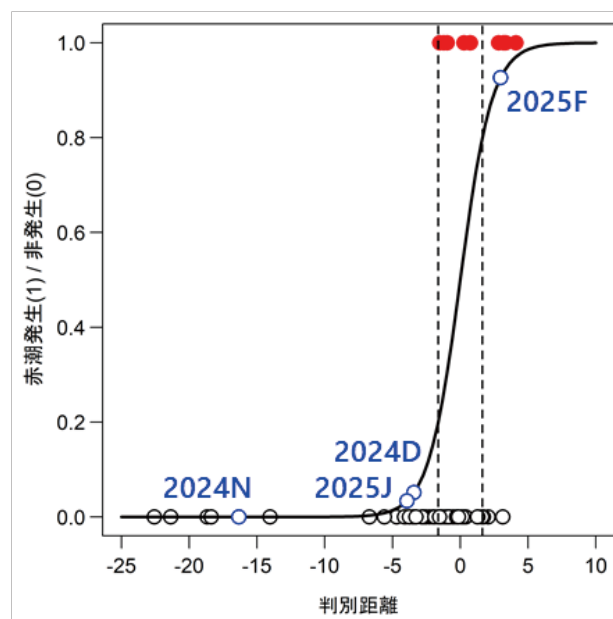


図51 大阪府海域におけるユーカンピア赤潮の発生予察結果。2005～2016年データの3変数を使用。●：赤潮発生年，○：非発生年，青記号・青字：予察結果（2024年11月～2025年2月はいずれも非発生）。

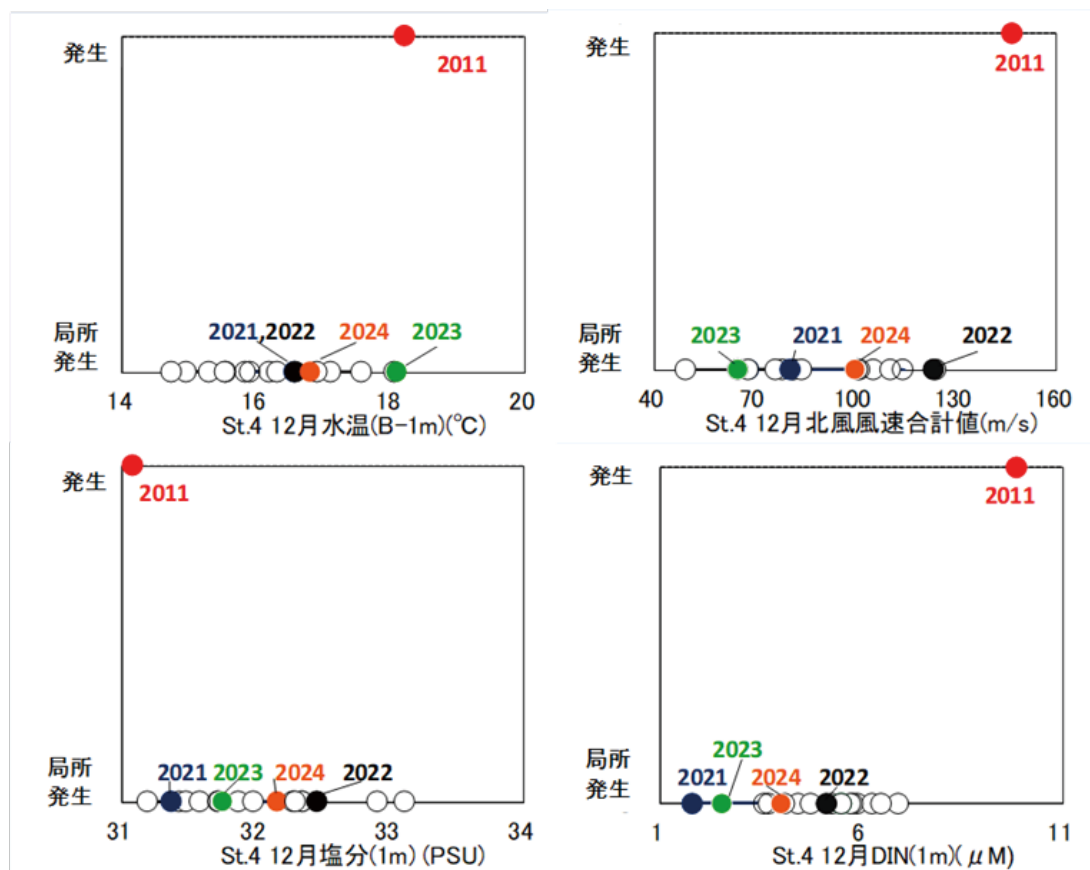


図52 徳島県海域におけるユーカンピア赤潮発生年（1月発生）の特徴解析例。1月に赤潮が発生した年は12月に水温が高く、塩分が低く、北風合計風速値が高く、栄養塩濃度が高いという特徴を有する可能性が示唆された。

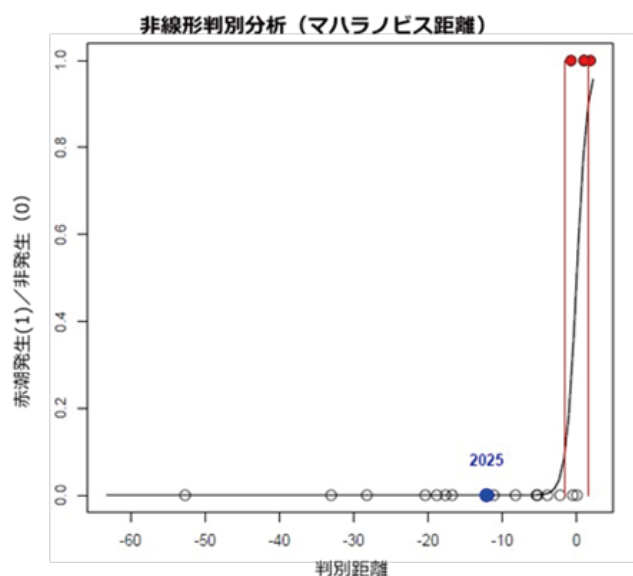


図53 徳島県海域における2月，3月のユーカンピア赤潮の発生予察結果。赤丸が発生年，白丸が局所発生年，青丸が2025年を表す。

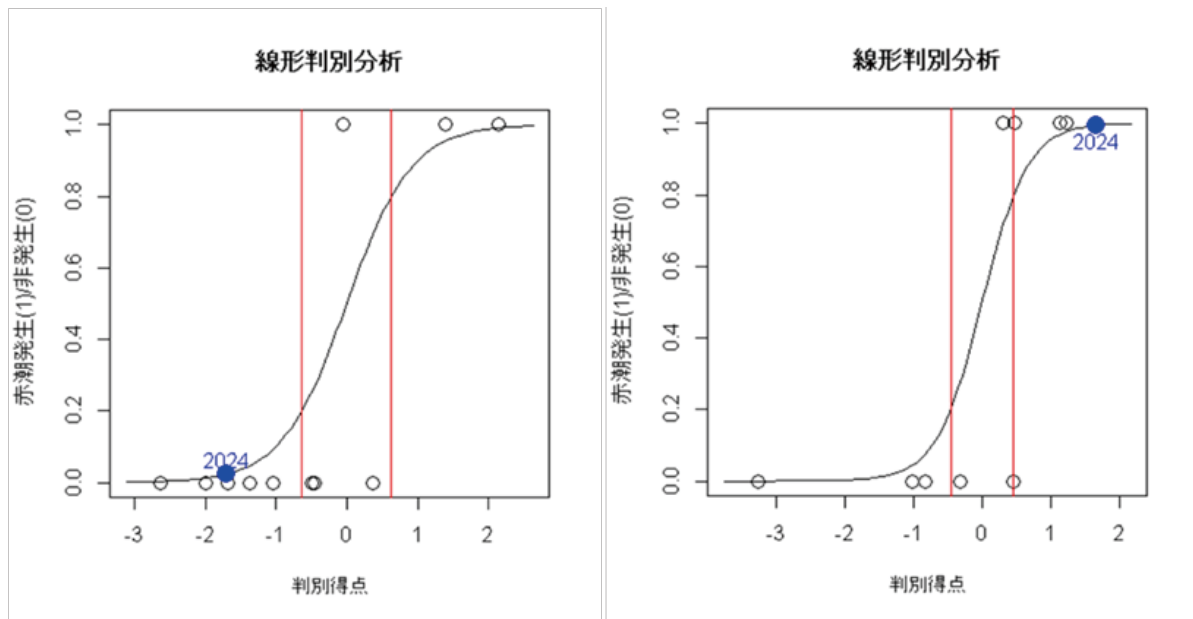


図54 香川県海域（播磨灘・備讃瀬戸）におけるユーカンピア赤潮の発生予察。使用データは，播磨灘（左）が12月北風，12月表層珪藻細胞密度，備讃瀬戸（右）が11月西風，12月降水量。青丸が2024年の予察を表す。

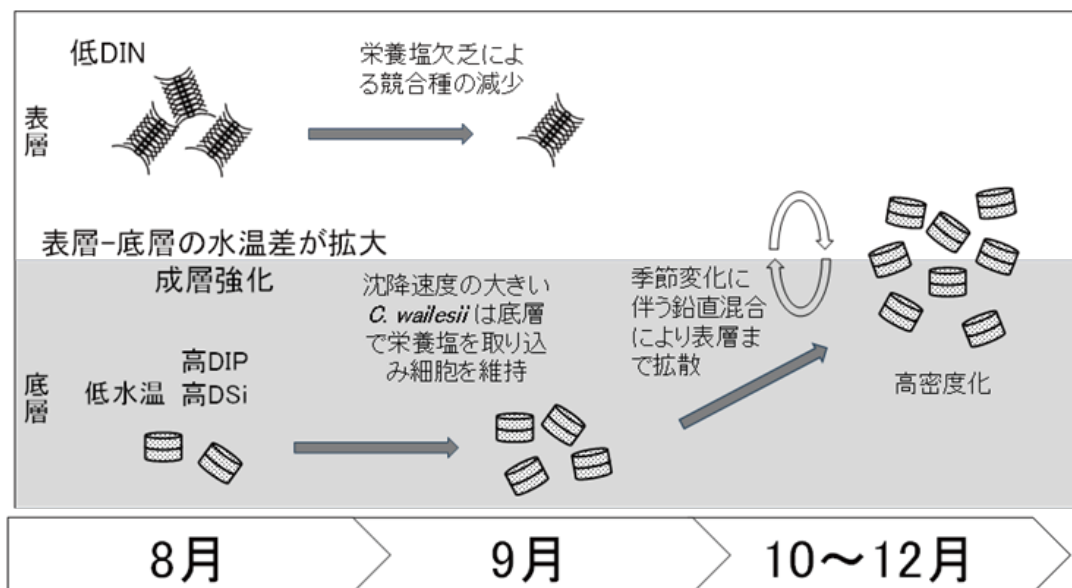


図55 本年度までの解析結果から推定された兵庫県海域における *Coscinodiscus wailesii* の赤潮発生シナリオ模式図。

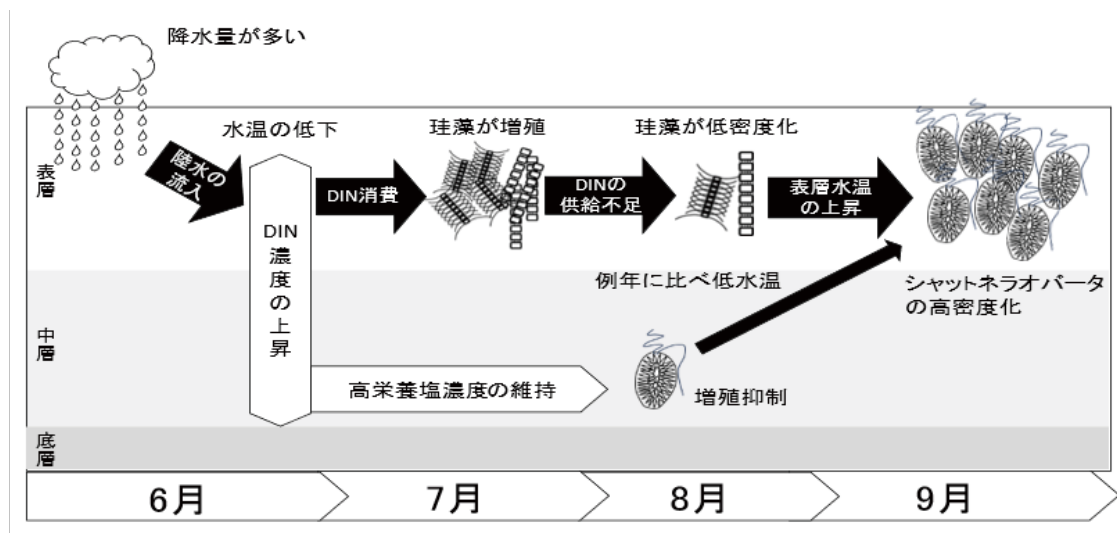
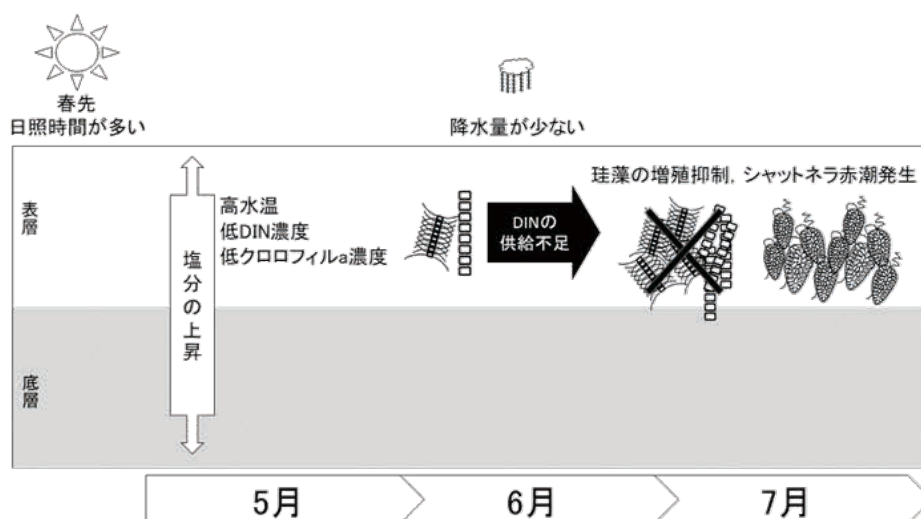


図56 本年度までの解析結果から推定された徳島県海域における *Chattonella ovata* の赤潮発生シナリオ模式図。

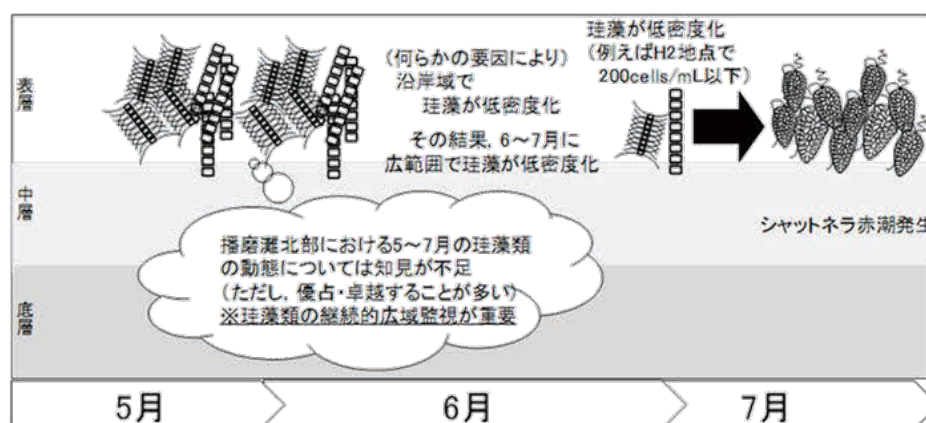
表6 香川県播磨灘海域における *Coscinodiscus wailesii* の各発生パターンで相関がみられた環境パラメーター。

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
発生月	10～12月	10月, 12月	11月のみ	左記すべて	10月のみ
発生年の数	4	2	2	8	2
要素1	7月表層SiO ₂ -Si	8月表層DIN	9月底層水温	9月表層水温	8月10m水温
要素2	—	9月底層DO	8月降水量	—	9月表層DIN
要素3	—	9月表層DO	8月全天日射量	—	9月表層SiO ₂ -Si
要素4	—	—	8月日照時間	—	—

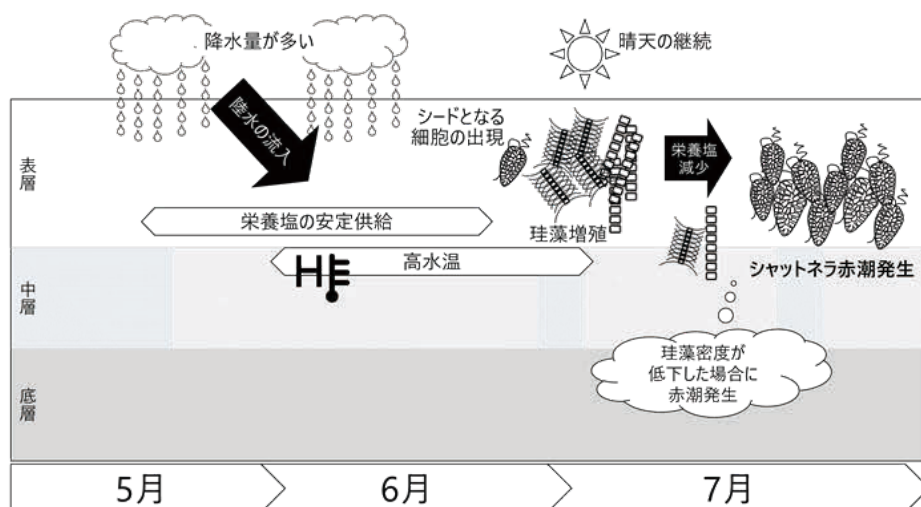
※要素の順序は*p*値の昇順。



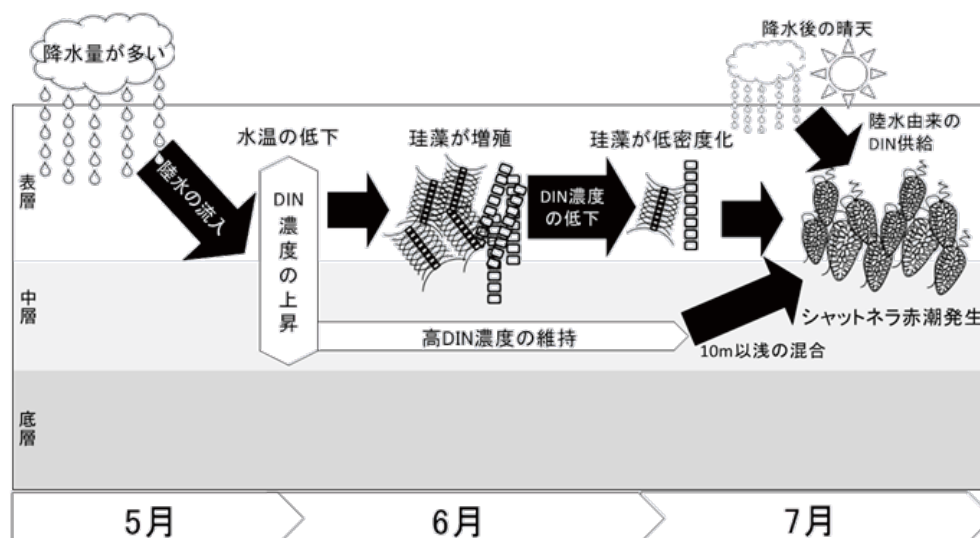
図A1 岡山県播磨灘海域におけるシャットネラ赤潮発生シナリオ模式図



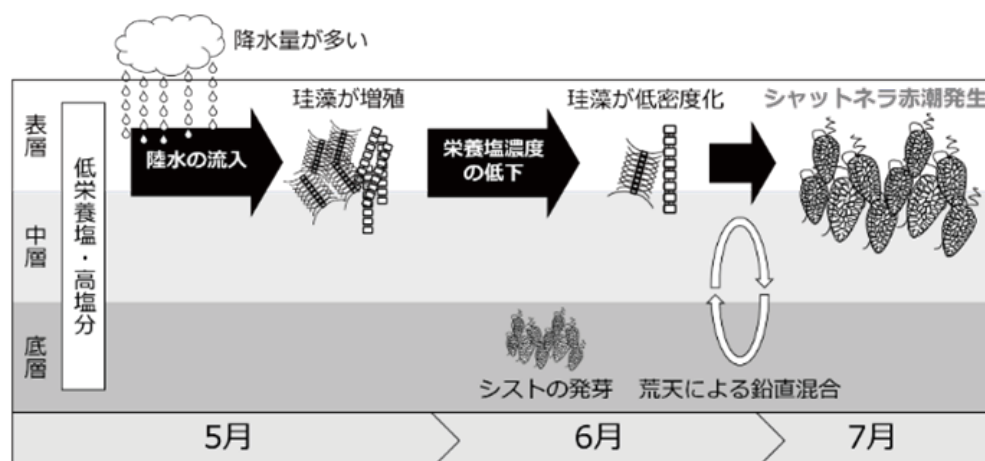
図A2 兵庫県海域におけるシャットネラ赤潮発生シナリオ模式図



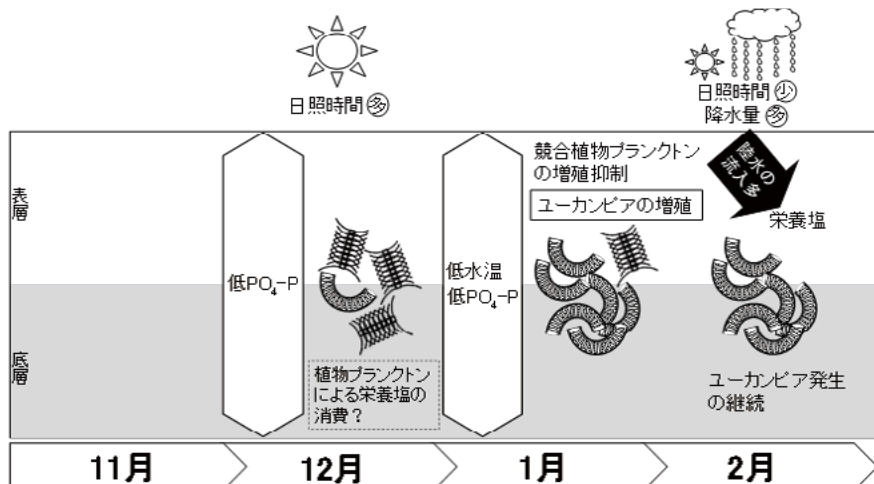
図A3 大阪府海域におけるシャットネラ赤潮発生シナリオ模式図



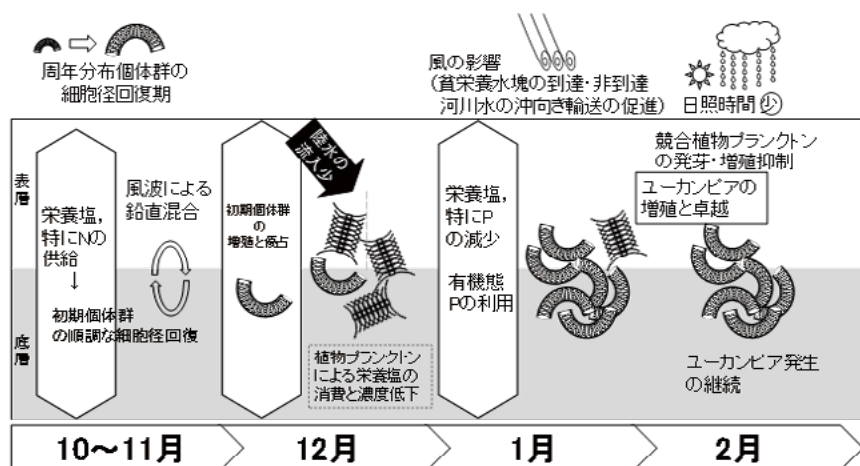
図A4 徳島県播磨灘海域におけるシャットネラ赤潮発生シナリオ模式図



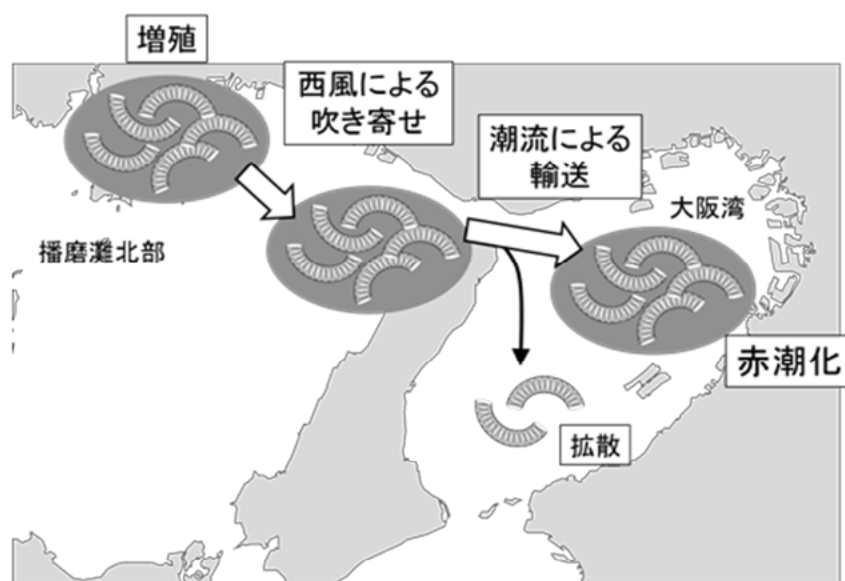
図A5 香川県海域におけるシャットネラ赤潮発生シナリオ模式図



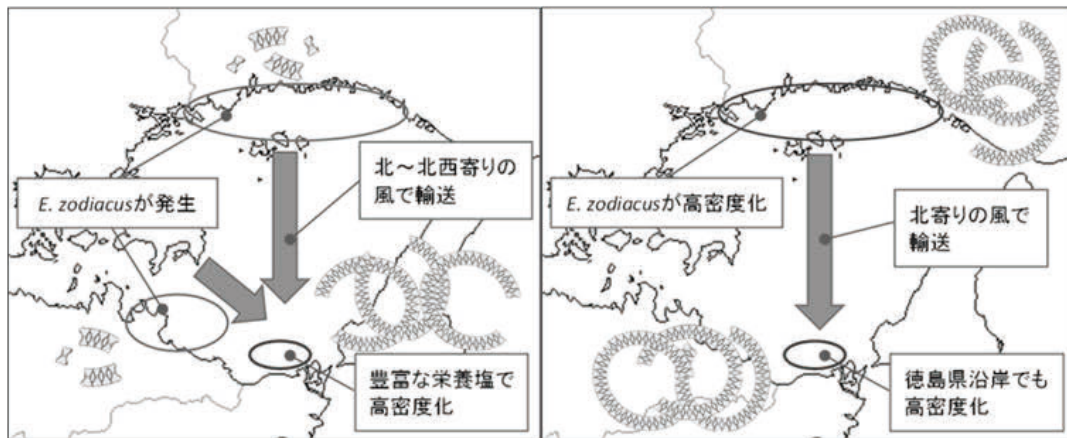
図B1 岡山県播磨灘海域におけるユーカンピア赤潮発生シナリオ模式図



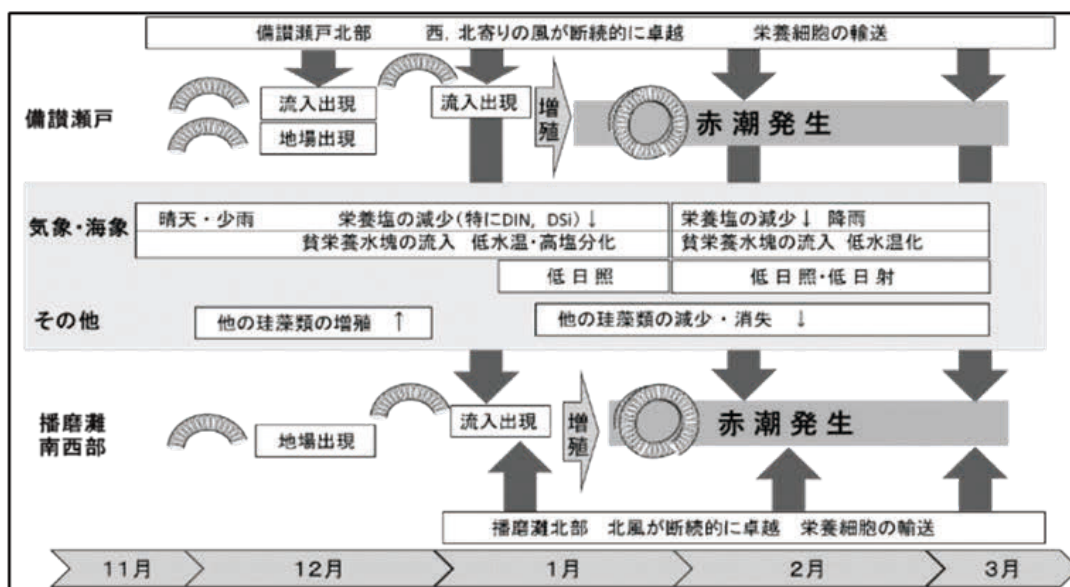
図B2 兵庫県海域におけるユーカンピア赤潮発生シナリオ模式図



図B3 大阪府海域におけるユーカンピア赤潮発生シナリオ模式図



図B4 徳島県播磨灘海域におけるユーカンピア赤潮発生シナリオ模式図
(左：1月発生，右：2月または3月発生)



図B5 香川県海域におけるユーカンピア赤潮発生シナリオ模式図